

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra Energetiky

**Snížení tepelné ztráty rodinného domu
o 50 %**

Reduction of Family House Thermal
Losses by 50 %

Student:	Dominik Mareš
Osobní číslo:	MAR0594
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Radim Janalík, CSc.

Ostrava 2020

Zadání bakalářské práce

Student: **Dominik Mareš**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení
Téma: **Snížení tepelné ztráty rodinného domu o 50 %**
Reduction of Family House Thermal Losses by 50 %
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Práce bude obsahovat:

- Teorii výpočtu tepelné ztráty budov
- Výpočet tepelné ztráty stávajícího rodinného domu (RD)
- Popis vlastností používaných izolačních materiálů a oken u RD
- Návrh možností na snížení tepelné ztráty RD
- Optimalizaci opatření s cílem snížit tepelnou ztrátu na 50 % původního stavu
- Stanovení nákladů na zlepšení tepelné ztráty
- Stanovení nákladů na vytápění pro původní a optimalizovaný RD

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Novák, J.: Úspory energie v rodinných domech a bytech. Grada Publishing, Praha 1999.
- [2] Řehák, J., Janouš, A.: Tepelné ztráty budov a možnosti jejich zmenšování. Praha, 1985.
- [3] Humm, O.: Nízkoenergetické domy. Praha: Grada, 1999.
- [4] Dufka, J.: Vytápění domů a bytů, 2. vydání. Grada Publishing, s.r.o., Praha 2004.
- [5] Nožička, J.: Termomechanika. ČVUT Praha, 2001.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

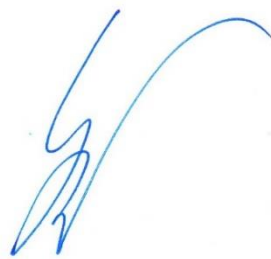
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Radim Janalík, CSc.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020


doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. května 2020




.....
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020


.....

Podpis studenta

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MAREŠ, D. *Snížení tepelné ztráty rodinného domu o 50 %: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Energetiky, 2020, 52 s. Vedoucí práce: Janalík, R.

Předložená bakalářská práce se věnuje problematice spojené s tepelnými ztrátami rodinného domu. Jejím cílem je zajistit snížení tepelné ztráty domu o 50 %. Práce se v úvodu věnuje teorii výpočtu tepelných ztrát a poté samotným výpočtům konkrétního rodinného domu, které jsou počítány pro dvě varianty tloušťek izolace. Jsou zde popsány jednotlivé možnosti tepelných opatření a návrhů. Na závěr je stav před a po zateplení zhodnocen a graficky porovnán a jsou reflektovány také náklady na vytápění, vstupní investice na zateplení a celková návratnost investice.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MAREŠ, D. *Reduction of family house thermal losses by 50 %: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Energetics, 2020, 52 p. Thesis head: Janalík, R.

Bachelor thesis is dedicated to dealing with issues related to thermal losses of a family house. The goal of this thesis is to ensure reducing thermal losses of the house by 50 %. In an introductory part the paper focuses on a theory of calculation of thermal losses and then on a calculations itself of a particular family house, which are done with two options of thickness of an isolation material. It is also provided with a description of individual alternatives of thermal measures and drafts. Closing part is dedicated to final conclusion and graphical comparison of state of the house before and after thermal insulation. It also reflects costs of heating the house per year, input costs and payback period of an investment.

Obsah

Seznam použitého značení a zkratek

Seznam obrázků, tabulek a grafů

Úvod	12
1 Teorie k výpočtům tepelných ztrát	13
1.1 Celková tepelná ztráta	13
1.2 Tepelná ztráta prostupem tepla	13
1.3 Prostup tepla vícevrstvou rovinnou stěnou	15
1.4 Tepelná ztráta větráním	15
2 Popis rodinného domu	17
2.1 Rodinný dům	17
2.2 Schéma půdorysu 1.NP	19
2.3 Schéma půdorysu 2.NP	20
3 Výpočet tepelné ztráty stávajícího domu	21
3.1 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes obvodové stěny	21
3.2 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes podlahu	23
3.3 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes strop	25
3.4 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes otvory	26
3.5 Výpočet tepelné ztráty větráním	28
3.6 Celková tepelná ztráta	30
4 Návrh opatření ke snížení tepelných ztrát	31
5 Volba a popis vlastností použitých izolačních materiálů	33
5.1 Izolace obvodového zdiva	33
5.2 Izolace podlah a stropu	33
5.3 Výměna oken	34
6 Výpočet tepelné ztráty po zateplení domu	34
6.1 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes obvodové stěny	34
6.2 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes podlahu	37
6.3 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes strop	39
6.4 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes otvory	41

6.5	Výpočet tepelné ztráty větráním	42
6.6	Celková tepelná ztráta	42
7	Optimalizace a zhodnocení tepelných opatření s cílem snížit celkovou tepelnou ztrátu o 50 %	43
8	Stanovení finančních nákladů na zlepšení tepelné ztráty	45
9	Stanovení finančních nákladů na vytápění	46
9.1	Původní rodinný dům	46
9.2	Optimalizovaný rodinný dům	47
10	Porovnání finančních nákladů na vytápění a návratnost investice	48
11	Závěrečné shrnutí	49
12	Seznam použité literatury	50

Seznam použitého značení a zkratek

Q_c	celková tepelná ztráta	[W]
Q_p	tepelná ztráta prostupem tepla	[W]
Q_v	tepelná ztráta větráním	[W]
Q_z	trvalý tepelný zisk	[W]
Q_o	základní tepelná ztráta prostupem tepla	[W]
p_1	přirážka k vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	[-]
p_2	přirážka k urychlení zátoku	[-]
p_3	přirážka ke světové straně	[-]
S	část ochlazované plochy stavební konstrukce	[m ²]
k	součinitel prostupu tepla	[W/m ² .K]
k_c	součinitel prostupu tepla všech konstrukcí	[W/m ² .K]
t_i	výpočtová vnitřní teplota místnosti	[°C]
t_e	výpočtová teplota prostředí na venkovní straně konstrukce	[°C]
α	součinitel přestupu tepla	[W/m ² .K]
l	tloušťka vrstvy daného stavebního materiálu	[m ²]
λ	součinitel tepelné vodivosti daného materiálu	[W/m.K]
\dot{V}_v	objemový tok větracího vzduchu	[m ³ /s]
c_v	objemová tepelná kapacita vzduchu	[J/m ³ .K]
\dot{V}_{vH}	potřebný průtok vzduchu	[m ³ /s]
V_m	vnitřní objem místnosti	[m ³]
n	potřebná intenzita výměny vzduchu infiltrací	[h ⁻¹]
i_{LV}	součinitel spárové průvzdušnosti	[m ³ /s.Pa ^{0,67}]
L	délka spár otevíratelných oken a vstupních dveří	[m]
B	charakteristické číslo budovy	[Pa ^{0,67}]
M	charakteristické číslo místnosti	[-]
S_S	plocha vnitřní stěny ve styku s obvodovou stěnou	[m ²]
S_O	plocha otvoru ve stěně ve styku s obvodovou stěnou	[m ²]
l_v	délka stěny vnitřní ve styku s obvodovou stěnou	[m]
h	konstrukční výška podlaží	[m]
l_o	délka otvoru	[m]
h_o	výška otvoru	[m]

Q_{t-es}	tep. ztráta při prům. venkovní teplotě během topného období	[W]
t_{is}	průměrná vnitřní výpočtová teplota	[°C]
t_{es}	průměrná venkovní teplota v topné sezóně	[°C]
ε	opravný součinitel	[-]
η_o	účinnost regulace soustavy	[-]
η_r	účinnost rozvodu vytápění	[-]
d	délka topného období	[den]
Q_{vyt-r}	potřeba tepla na vytápění za rok	[J/rok]
m_{pal}	reálná spotřeba paliva	[t/rok]
η_{vyt}	účinnost spalování paliva kotlem	[-]
Q_i^r	výhřevnost paliva	[MJ/kg]
N_{p-rok}	roční náklady na vytápění	[Kč/rok]
T_s	návratnost investice	[rok]

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Tab.1	Složení obvodových stěn
Tab.2	Rozměrové a technické vlastnosti místností v 1.NP
Tab.3	Rozměrové a technické vlastnosti místností v 2.NP
Tab.4	Složení vrstev podlahy v přízemí
Tab.5	Rozměrové a technické vlastnosti podlahy místností v 1.NP
Tab.6	Složení vrstev stropu v 2.NP
Tab.7	Rozměrové a technické vlastnosti stropu místností v 2.NP
Tab.8	Typy oken a dveří
Tab.9	Rozměrové a technické vlastnosti otvorů v jednotlivých místnostech
Tab.10	Rozměrové a technické vlastnosti místností v 1.NP a 2.NP
Tab.11	Složení obvodových stěn po zateplení
Tab.12	Rozměrové a technické vlastnosti místností v 1.NP po zateplení
Tab.13	Rozměrové a technické vlastnosti místností v 2.NP po zateplení
Tab.14	Složení vrstev podlahy v přízemí po zateplení
Tab.15	Rozměrové a technické vlastnosti podlahy místností v 1.NP po zateplení
Tab.16	Složení vrstev stropu ve 2.NP po zateplení
Tab.17	Rozměrové a technické vlastnosti stropu místností v 2.NP po zateplení
Tab.18	Rozměrové a technické vlastnosti otvorů v jednotl. místnostech po zateplení
Tab.19	Hrubý odhad cen na zateplení jednotlivých konstrukcí
Tab.20	Roční finanční náklady na vytápění
Obr.1	Pohled západní
Obr.2	Pohled východní
Obr.3	Schéma půdorysu domu 1. NP
Obr.4	Schéma půdorysu domu 2. NP
Obr.5	Rozložení tepelných úniků vytápěného objektu v procentech
Graf 1.	Grafické porovnání tepelných ztrát před zateplením
Graf 2.	Porovnání tep. ztrát přes obvod. stěny před a po zateplení izolací tl. 80mm

- Graf 3. Porovnání tep. ztrát přes podlahu před a po zateplení při izolaci tl. 50mm
- Graf 4. Porovnání tep. ztrát přes strop před a po zateplení při izolaci tl. 50mm
- Graf 5. Porovnání tepelných ztrát přes otvory před a po výměně oken
- Graf 6. Grafické porovnání tepelných ztrát po zateplení
- Graf 7. Grafické porovnání tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí před a po zateplení
- Graf 8. Grafické porovnání tepelných ztrát před a po zateplení
- Graf 9. Grafické porovnání nákladů na vytápění před a po zateplení

Úvod

Žijeme v době, kdy nás tlačí stále se zvyšující nároky na úspory energií. Je to umocněné také faktem, že nerostné bohatství Země není nevyčerpatelné a je třeba nad získáváním energií a jejich šetření přemýšlet. Rozvíjí se také různé ekologické projekty, například pasivní domy či solární kolektory a fotovoltaika.

S tímto problémem úzce souvisí také tepelné ztráty a vnikání studeného venkovního vzduchu do objektu. To má za následek zvýšené nároky na vytápění a také projevení se vysokými poplatky za energie. Abychom tomu zabránili, je třeba úniku tepla z konstrukce zamezit. Řešením by mohlo být dodatečné zaizolování objektu izolací nebo použitím stavebních materiálů s lepšími tepelnými vlastnostmi již při výstavbě. Nemalý dopad na tyto tepelné úniky mají také výplně otvorů – okna a dveře. Vhodná je jejich výměna za nová okna plastová s izolačním dvojsklem nebo trojsklem.

V této práci se podrobně zabývám výpočtem tepelných ztrát konkrétního objektu. Přesněji se jedná o prostup tepla vícevrstvou stěnou obvodového zdiva, podlahou v prvním podlaží, stropem ve druhém podlaží a přes výplně otvorů. V neposlední řadě se zabírám také úniky spojenými s větráním objektu. Hlavním cílem bakalářské práce je snížení tepelné ztráty rodinného domu o 50 % tepelně izolačními materiály. Veškeré rovnice jsou podloženy normami.

Konečným výsledkem práce bude závěrečné shrnutí a zhodnocení tepelných optimalizací a úprav a grafické porovnání stavu domu před a po zateplení. Zabývat se bude taky vstupními náklady, které byly zapotřebí na zhotovení zateplení, provozními náklady na vytápění a návratnosti peněžních prostředků.

1 Teorie k výpočtům tepelných ztrát

1.1 Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta Q_c je rovna součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním snižena o trvalé tepelné zisky. [1] Pro výpočet je dán vztah:

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad [\text{W}] \quad (1)$$

kde:

Q_p je tepelná ztráta prostupem tepla, [W]

Q_v tepelná ztráta větráním, [W]

Q_z trvalý tepelný zisk. [W]

1.2 Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta v určité místnosti prostupem tepla Q_p [1] je dána vztahem:

$$Q_p = Q_o * (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [\text{W}] \quad (2)$$

kde:

Q_o je základní tepelná ztráta prostupem tepla, [W]

p_1 přírážka k vyrovnání vlivu chladných konstrukcí, [-]

p_2 přírážka k urychlení zátoku, [-]

p_3 přírážka ke světové straně. [-]

Základní tepelná ztráta prostupem tepla Q_o je určena součtem tepelných toků prostupem tepla v ustáleném stavu jednotlivými konstrukcemi vymezující vytápěnou místnost do chladnějšího venkovního prostředí nebo do místností sousedících. [1] Je dána vztahem:

$$Q_o = k_1 * S_1 * (t_i - t_{e1}) + k_2 * S_2 * (t_i - t_{e2}) + \dots + k_n * S_n * (t_i - t_{en}) = \sum_{j=1}^{j=n} k_j * S_j * (t_i - t_{ej}) \quad [\text{W}] \quad (3)$$

kde:

$S_1, S_2 \dots S_n$ je část ochlazované plochy stavební konstrukce (obecně S_n) [m²]

$k_1, k_2 \dots k_n$ součinitel prostupu tepla (obecně k_j) [W/m².K]

t_i výpočtová vnitřní teplota místnosti [°C]

$t_{e1}, t_{e2} \dots t_{en}$ výpočtová teplota prostředí na venkovní straně konstrukce [°C]

(výpočtová teplota sousedících místností), obecně t_{ej}

Nastane-li situace, kdy je teplota stavební konstrukce na vnější straně vyšší než teplota na straně s vytápěnou místností, má tepelný tok procházející touto konstrukcí hodnotu zápornou, jde tedy o tepelný zisk. Tento zisk zmenšuje celkovou základní tepelnou ztrátu místnosti prostupem tepla Q_o . [1]

Přirážkou k vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí p_1 se umožňuje zvětšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby i při nižší teplotě na povrchu ochlazovaných stavebních konstrukcí bylo ve vytápěné místnosti docíleno požadované vnitřní teploty t_i , se kterou se dále počítá základní tepelná ztráta Q_o . [1]

K určení hodnoty přirážky p_1 je třeba znát součinitel prostupu tepla všech konstrukcí k_c , který je dán vztahem:

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (4)$$

kde:

$\sum s$ je celková plocha všech stavebních konstrukcí vymezujících vytápěnou místnost [m²]

t_i vnitřní výpočtová teplota místnosti [°C]

t_e venkovní výpočtová teplota [°C]

Poté je možné vypočítat přirážku k vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí p_1 dosazením do vztahu:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c \quad (5)$$

Přirážka na urychlení zátoku p_2 je uvažována v bytové zástavbě jen v případě, kdy nelze ani v nejnižších venkovních teplotách zajistit nepřetržitý provoz vytápění. Za normálních podmínek se s přirážkou p_2 nepočítá, neboť je předpokládán nepřetržitý provoz vytápění. [1]

U objektů opatřenou samostatnou kotelnou na tuhá paliva, u kterých jmenovitý výkon nepřekračuje 150 kW se předpokládá, že ani během nejnižších teplot nelze zajistit nepřetržitý topný provoz, a proto se při výpočtu počítá s přirážkou $p_2 = 0,1$ (denní doba vytápění je rovna nebo větší než 16 hodin). [1]

O velikosti přirážky na světovou stranu p_3 rozhoduje umístění nejvíce ochlazované konstrukce místnosti. V případě tří nebo čtyř ochlazovaných konstrukcí dané místností se bere v potaz největší přirážka. [1]

1.3 Prostup tepla vícevrstvou rovinnou stěnou

V případě, kdy je stěna konstrukce tvořena pouze jednou vrstvou, je možno jednoduše získat hodnoty součinitelů prostupu tepla z normy ČSN 73 0540, která obsahuje součinitele prostupu tepla mnohých stavebních materiálů.

V případě rovinné stěny tvořené více vrstvami materiálů, které na sebe těsně přiléhají, je nutné nejprve stanovit společný součinitel prostupu tepla, který je dán vztahem:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{W/m}^2.\text{K}] \quad (6)$$

kde:

α_i je součinitel přestupu tepla – vytápěná strana, $[\text{W/m}^2.\text{K}]$

α_e součinitel přestupu tepla – nevytápěná strana, $[\text{W/m}^2.\text{K}]$

l tloušťka vrstvy daného stavebního materiálu, $[\text{m}]$

λ součinitel tepelné vodivosti daného materiálu. $[\text{W/m.K}]$

1.4 Tepelná ztráta větráním

Tepelná ztráta místnosti větráním Q_v [1] je dána vztahem:

$$Q_v = 1300 * \dot{V}_v * (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (7)$$

Kde:

\dot{V}_v je objemový tok větracího vzduchu, za \dot{V}_v se dosadí větší z hodnot \dot{V}_{vH} a \dot{V}_{vP} , $[\text{m}^3/\text{s}]$

t_i, t_e viz vztah, (4)

c_v objemová tepelná kapacita vzduchu $c_v = 1300$ $[\text{J/m}^3.\text{K}]$, brána při střední teplotě

$$t_s = \frac{t_i + t_e}{2}.$$

Objemový tok větracího vzduchu místnosti \dot{V}_v musí být v rámci hygienických a technologických požadavků, ty jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu infiltrací n . Potřebný průtok \dot{V}_{vH} se vypočítá dle vztahu [1]:

$$\dot{V}_{vH} = \frac{n}{3600} * V_m \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (8)$$

kde:

V_m je vnitřní objem místnosti. $[\text{m}^3]$

Potřebná intenzita výměny vzduchu infiltrací n je dána vztahem:

$$n = \frac{3600 \cdot \sum(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M}{V_m} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (9)$$

Za předpokladu přirozeného větrání je \dot{V}_{vP} dán vztahem:

$$\dot{V}_{vP} = \sum(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (10)$$

kde:

$\sum(i_{LV} \cdot L)$ je součet průvzdušnosti oken a venkovních dveří dané místnosti, $[\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{Pa}^{0,67}]$

i_{LV} součinitel spárové průvzdušnosti, $[\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{Pa}^{0,67}]$

L délka spár otevíratelných oken a vstupních dveří, $[\text{m}]$

B charakteristické číslo budovy, $[\text{Pa}^{0,67}]$

M charakteristické číslo místnosti. $[-]$

Hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti oken a venkovních dveří místnosti i_{LV} jsou k naleznutí v literatuře [2].

Celková délka spáry L se stanoví jako součet spár mezi jednotlivými křídly okna a rámem včetně středního sloupku.

Charakteristické číslo budovy B je závislé na rychlosti okolního větru určené dle polohy budovy vzhledem ke krajině. Celkově se dělí na chráněnou krajinu, nechráněnou a velmi příznivou polohu. Dále charakteristické číslo budovy B závisí na druhu budovy – rozlišují se na řadové budovy a osaměle stojící. Z hlediska rychlosti větru se dále dělí na normální krajinu a na krajinu s intenzivními větry. [1]

Charakteristické číslo místnosti M je závislé na poměru mezi průvzdušností oken a všech vnitřních dveří. [1]

Veškeré dělení charakteristických čísel budovy B a místností M jsou vypsány v normě ČSN 06 0210. [1]

2 Popis rodinného domu

2.1 Rodinný dům

Jedná se o samostatně stojící objekt v obci Hodslavice, okres Nový Jičín. Leží přibližně ve středu obce a je orientován na jihozápad. Dům byl postaven tehdy tradičním způsobem, jako zdící nosný materiál byla použita převážně pálená cihla. Celý objekt je podsklepený a má celkově 2 bytové jednotky zvlášť na každém podlaží a neobytné podkroví. Výpočtová venkovní teplota je -15°C . [1]

Výpis jednotlivých místností v podlaží:

Sklep – neobytná část objektu

Přízemí – zádveří, pokoj, WC, kuchyň, koupelna, pokoj pro hosty, obývací pokoj, chodba

První podlaží – kuchyně s jídelnou, obývací pokoj, koupelna s WC, pokoj, ložnice, chodba

Podkroví – zde není obytná místnost z důvodů nezateplené střechy

Veškeré obvodové zdivo je tl. 450 mm, vnitřní zdivo je pak u nosných částí tl. 300 mm a příček tl. 150 mm. Vnější omítka je vyhotovena z tzv. Břizolitu, což je druh jednovrstvé vápenné omítky. Všechna okna jsou dřevěná zdvojená se dvěma vrstvami skla. Vstupní dveře jsou dřevěné se skleněnou výplní. Vnitřní úprava stěn je z vápenné omítky. Jednotlivé stropy jsou betonové s rovnými podhledy a zahlazené také vápennou omítkou. Podlahy jsou z betonové mazaniny a v jednotlivých místnostech opatřeny kročejovou vrstvou. Schodiště spojující podlaží jsou dřevěná. Světlá výška obou podlaží je $SV=2,6\text{m}$. [3]

Střecha domu je sedlová a pokrytá plechovou krytinou. V prvním nadzemní podlaží se také nachází balkón orientovaný na jihozápad.

Rodinný dům je vytápěn automatickým kotlem na černé uhlí a teplo je pomocí ústředního topení rozváděno do jednotlivých místností.

Níže je přiložena fotodokumentace domu z pohledu západního (viz. Obr.1) a z pohledu východního (viz. Obr.2).

Obr.1. Pohled západní

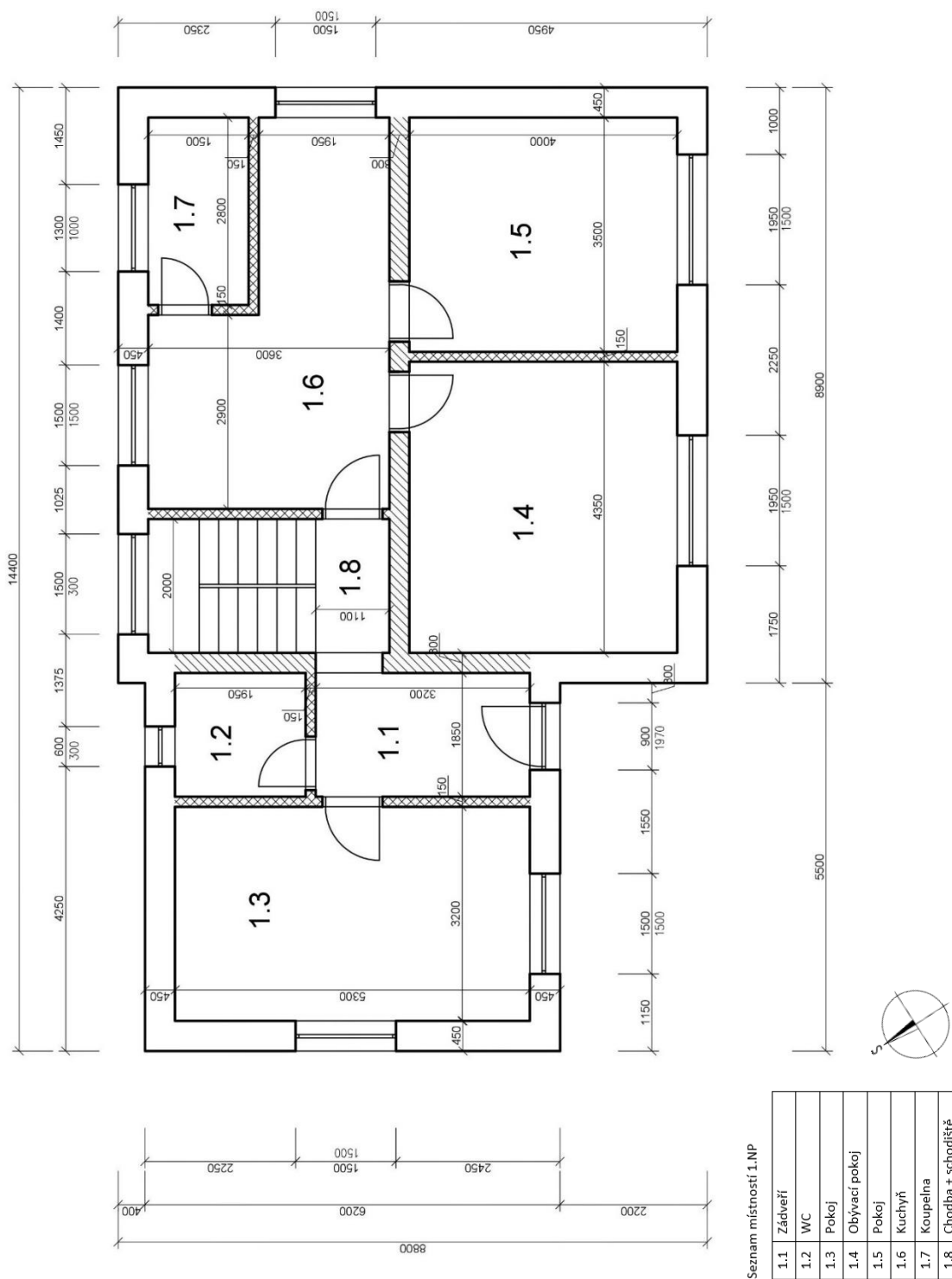


Obr.2. Pohled východní



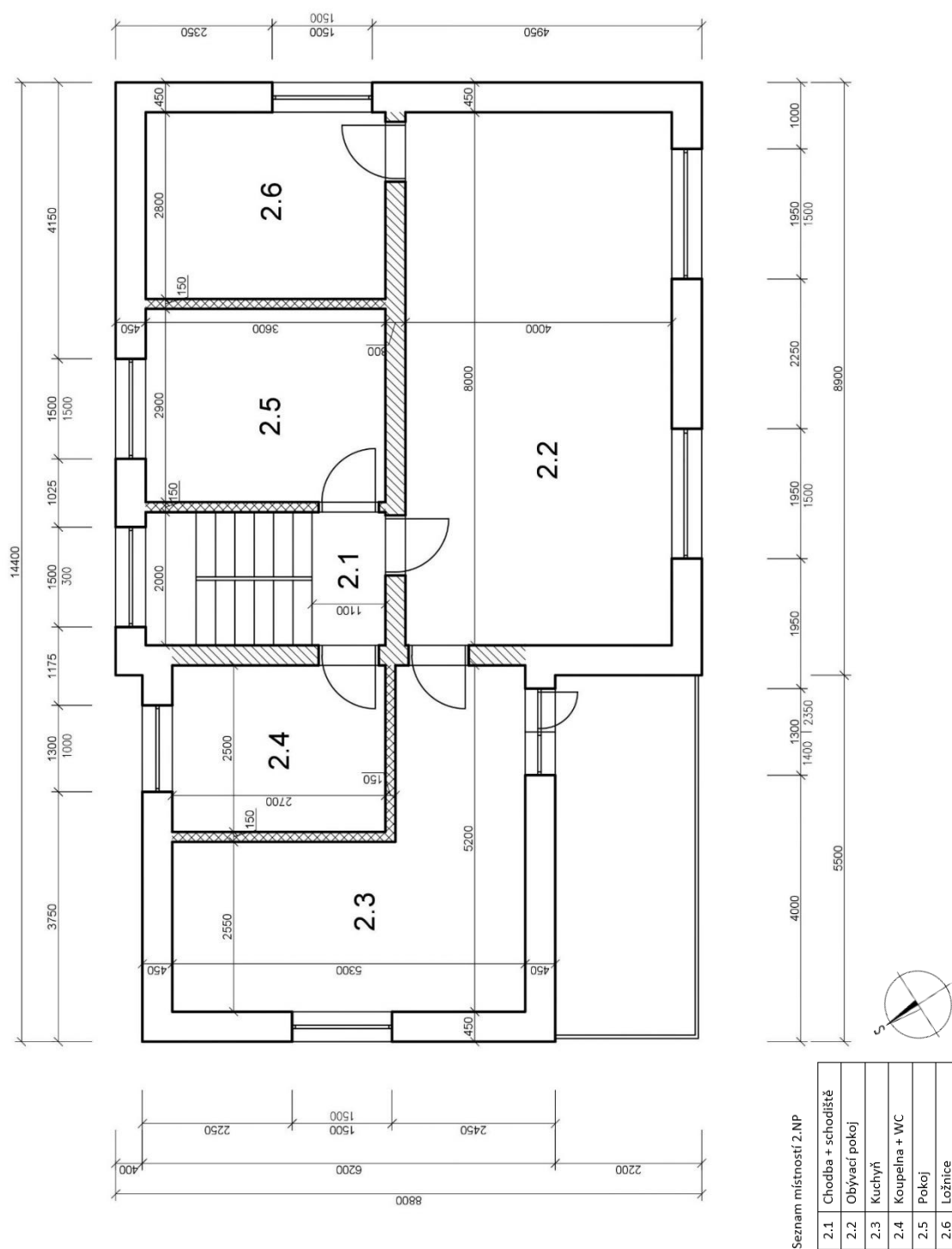
2.2 Schéma půdorysu 1.NP

Obr.3. Schéma půdorysu domu 1.NP



2.3 Schéma půdorysu 2.NP

Obr.4. Schéma půdorysu domu 2.NP



3 Výpočet tepelné ztráty stávajícího domu

3.1 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes obvodové stěny

Složení obvodových stěn

Tabulka 1. Složení obvodových stěn [3], součinitel tepelné vodivosti λ [4] [5]

	Jednotlivé vrstvy	l [m]	λ [W/m.K]
1.	Vápenná omítka vnitřní	0,01	0,88
2.	Cihla plná pálená	0,45	0,86
3.	Vápenná omítka Břizolit vnější	0,015	1,11

kde:

l je tloušťka vrstvy, [m]

λ součinitel tepelné vodivosti. [W/m.K]

Výpočet součinitele prostupu tepla vypočítáme dosazením do vzorce (6):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

Pozn.: Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce je roven $\alpha_i=8$. Součinitel přestupu tepla na vnější nevytápěné konstrukci je $\alpha_e=23$. [6]

Po dosazení získáváme:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{0,45}{0,86} + \frac{0,015}{1,11} + \frac{1}{23}} = 1,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Výpočet základních tepelných ztrát vypočítáme dosazením do vzorce (3):

$$Q_o = k_1 * S_1 * (t_i - t_{e1}) + k_2 * S_2 * (t_i - t_{e2}) + \dots + k_n * S_n * (t_i - t_{en}) \quad [W]$$

Provedený vzorový výpočet pro místnost 1.1:

Po dosazení získáváme základní tepelnou ztrátu:

$$Q_{o1.1} = k * S_1 * (t_i - t_e) = 1,4 * 3,04 * (15 - (-15)) = 128 \text{ W}$$

$$S_1 = S_s - S_o = l_v * h - l_o * h_o = 1,85 * 2,6 - 0,9 * 1,97 = 3,04 \text{ m}^2$$

kde:

S_s je plocha vnitřní stěny ve styku s obvodovou stěnou, [m²]

S_o plocha otvoru ve stěně ve styku s obvodovou stěnou, [m²]

l_v délka stěny vnitřní ve styku s obvodovou stěnou, [m]

h konstrukční výška podlaží, [m]

l_o délka otvoru, [m]

h_o výška otvoru. [m]

Doplnění výpočtů pro ostatní místnosti

Tabulka 2. Rozměrové a technické vlastnosti místností v 1.NP [3] [1]

	Místnost	$S_s[m^2]$	$S_o[m^2]$	$k[W/m^2 \cdot K]$	$t_i[^\circ C]$	$t_e[^\circ C]$	$Q_o[W]$
1.1	Zádveří	4,81	1,77	1,4	15	-15	128
1.2	WC	4,81	0,25	1,4	15	-15	192
1.3	Pokoj	30,42	4,50	1,4	20	-15	1270
1.4	Obývací pokoj	15,86	2,93	1,4	20	-15	634
1.5	Pokoj	19,50	2,93	1,4	20	-15	812
1.6	Kuchyň	12,61	4,50	1,4	20	-15	397
1.7	Koupelna	11,18	1,30	1,4	24	-15	539
1.8	Chodba + schodiště	5,20	0,45	1,4	15	-15	200
$Q_{o1} = 4172 W$							

Pro získání základní tepelné ztráty Q_{o1} pro všechny místnosti v 1.NP sečteme hodnoty tepelných ztrát v jednotlivých místnostech dosazením do vzorce (3). Hodnoty tepelných ztrát v jednotlivých místnostech jsou uvedeny výše v tabulce 2.

$$Q_{o1} = k_1 * S_1 * (t_i - t_{e1}) + k_2 * S_2 * (t_i - t_{e2}) + \dots + k_n * S_n * (t_i - t_{en})$$

$$Q_{o1} = Q_{o1.1} + Q_{o1.2} + Q_{o1.3} + Q_{o1.4} + Q_{o1.5} + Q_{o1.6} + Q_{o1.7} + Q_{o1.8}$$

$$Q_{o1} = 128 + 192 + 1270 + 634 + 812 + 397 + 539 + 200 = \mathbf{4172 W}$$

Obdobně počítáme také základní tepelné ztráty přes obvodové stěny Q_{o2} pro místnosti v 2.NP. Hodnoty rozměrových a technických vlastností potřebných pro výpočet jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3. Rozměrové a technické vlastnosti místností v 2.NP [3] [1]

	Místnost	$S_S[m^2]$	$S_O[m^2]$	$k[W/m^2 \cdot K]$	$t_i[^\circ C]$	$t_e[^\circ C]$	$Q_o[W]$
2.1	Chodba + schodiště	5,20	0,45	1,4	15	-15	200
2.2	Obývací pokoj	35,75	5,85	1,4	20	-15	1465
2.3	Kuchyň	33,93	4,69	1,4	20	-15	1433
2.4	Koupelna + WC	6,50	1,30	1,4	24	-15	284
2.5	Pokoj	7,54	2,25	1,4	20	-15	259
2.6	Ložnice	16,64	2,25	1,4	20	-15	705
$Q_{o2} = 4346 W$							

Celkovou základní tepelnou ztrátu přes obvodové stěny pro celý objekt Q_o vypočteme sečtením tepelné ztráty pro jednotlivá podlaží Q_{o1} a Q_{o2} . Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 2 a 3.

tedy:

$$Q_o = Q_{o1} + Q_{o2} = 4172 + 4346 = \mathbf{8518 W}$$

3.2 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes podlahu

Složení podlahy v 1.NP:

Tabulka 4. Složení vrstev podlahy v přízemí [3], součinitel tepelné vodivosti λ [4]

	Jednotlivé vrstvy	$l [m]$	$\lambda [W/m.K]$
1.	Linoleum	0,008	0,19
2.	Beton z expandované břídlíce	0,10	0,48
3.	Železobeton	0,15	1,43
4.	Vápenná omítka vnitřní	0,01	0,88

kde:

l je tloušťka vrstvy, [m]

λ součinitel tepelné vodivosti. [W/m.K]

Po dosazení do vzorce (6) dostaneme součinitel prostupu tepla k :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,008}{0,19} + \frac{0,10}{0,48} + \frac{0,15}{1,43} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{1}{23}} = \mathbf{1,87 W/m^2 \cdot K}$$

Při výpočtu tepelné ztráty tepla přes podlahu v 1.NP použijeme teplotu sousední nevytápěné místnosti (sklep) $t_{ie} = 5^{\circ}\text{C}$. Ostatní potřebné teploty místností t_i jsou uvedeny v tabulce 5. [1] [3]

Provedený vzorový výpočet pro místnost 1.1:

Po dosazení a úpravě vzorce (3) dostáváme základní tepelnou ztrátu $Q_{o1.1}$

$$Q_{o1.1} = k * S * (t_i - t_{ie}) = 1,87 * 5,92 * (15 - 5) = \mathbf{111\text{ W}}$$

kde:

S je plocha podlahy v místnosti, $[\text{m}^2]$

Tabulka 5. Rozměrové a technické vlastnosti podlahy místností v 1.NP [3] [1]

	Místnost	$S[\text{m}^2]$	$k[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$	$t_i[^{\circ}\text{C}]$	$t_{ie}[^{\circ}\text{C}]$	$Q_o[\text{W}]$
1.1	Zádveří	5,92	1,87	15	5	111
1.2	WC	3,61	1,87	15	5	68
1.3	Pokoj	16,96	1,87	20	5	476
1.4	Obývací pokoj	17,40	1,87	20	5	488
1.5	Pokoj	14,00	1,87	20	5	392
1.6	Kuchyň	16,19	1,87	20	5	454
1.7	Koupelna	4,20	1,87	24	5	149
1.8	Chodba+ schodiště	2,20	1,87	15	5	41
$Q_o = 2179\text{ W}$						

Stejně jako u řešení se stěnami, pro získání základní tepelné ztráty přes podlahu Q_o pro všechny místnosti v 1.NP sečteme hodnoty tepelných ztrát v jednotlivých místnostech dosazením do upraveného vzorce (3). Hodnoty tepelných ztrát v jednotlivých místnostech jsou uvedeny výše v tabulce 5.

tedy:

$$Q_o = Q_{o1.1} + Q_{o1.2} + Q_{o1.3} + Q_{o1.4} + Q_{o1.5} + Q_{o1.6} + Q_{o1.7} + Q_{o1.8}$$

$$Q_o = 111 + 68 + 476 + 488 + 392 + 454 + 149 + 41 = \mathbf{2179\text{ W}}$$

3.3 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes strop

Pro výpočet tepelných ztrát prostupem tepla přes strop Q_o ve 2.NP budeme potřebovat složení jednotlivých vrstev stropu. Tyto informace nalezneme níže v tabulce 6.

Tabulka 6. Složení vrstev stropu v 2.NP [3], součinitel tepelné vodivosti λ [4]

	Jednotlivé vrstvy	l [m]	λ [W/m.K]
1.	Železobeton	0,20	1,43
2.	Vápenná omítka vnitřní	0,01	0,88

kde:

l je tloušťka vrstvy, [m]

λ součinitel tepelné vodivosti. [W/m.K]

Po dosazení do vzorce (6) dostaneme součinitel prostupu tepla k :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,20}{1,43} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{1}{23}} = 3,13 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Při výpočtu tepelné ztráty tepla přes strop ve 2.NP použijeme teplotu sousední nevytápěné místnosti (půda) $t_{ie} = -6^\circ\text{C}$ (pro výpočtovou venkovní teplotu $t_e = -15^\circ\text{C}$). Ostatní potřebné teploty místností t_i jsou uvedeny v tabulce 7. [1] [3]

Tabulka 7. Rozměrové a technické vlastnosti stropu místností v 2.NP [3] [1]

	Místnost	$S[\text{m}^2]$	$k[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$	$t_i[^\circ\text{C}]$	$t_{ie}[^\circ\text{C}]$	$Q_o[\text{W}]$
2.1	Chodba+ schodiště	7,20	3,13	15	-6	473
2.2	Obývací pokoj	32,00	3,13	20	-6	2604
2.3	Kuchyň	20,01	3,13	20	-6	1628
2.4	Koupelna + WC	6,75	3,13	24	-6	634
2.5	Pokoj	10,44	3,13	20	-6	850
2.6	Ložnice	10,08	3,13	20	-6	820
$Q_o = 7009 \text{ W}$						

kde:

S je plocha stropu v místnosti, $[\text{m}^2]$

Po dosazení do upraveného vzorce (3) dostaneme celkovou základní tepelnou ztrátu přes strop ve 2.NP.

tedy:

$$Q_o = Q_{o2.1} + Q_{o2.2} + Q_{o2.3} + Q_{o2.4} + Q_{o2.5} + Q_{o2.6}$$

$$Q_o = 473 + 2604 + 1628 + 634 + 850 + 820 = \mathbf{7009\ W}$$

3.4 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes otvory

Při provádění výpočtu tepelných ztrát prostupem přes otvory potřebujeme znát typy a tepelné vlastnosti oken a dveří, které přicházejí do styku s okolním studeným vzduchem a mohly by mít vliv na odvod tepla do okolí. V celém objektu se objevuje pouze jeden typ oken a vstupní dveře. Jejich vlastnosti najdeme v tabulce 8.

Tabulka 8. Typy oken a dveří [3], součinitel prostupu tepla k [7]

	Typ otvoru	$k[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$
1	Dřevěná zdvojená okna se dvěma skly	2,80
2	Domovní dřevěné dveře se skleněnou výplní	4,70

Provedení vzorový výpočet pro místnost 1.1:

Po dosazení a úpravě vzorce (3) dostáváme základní tepelnou ztrátu $Q_{o1.1}$

$$Q_{o1.1} = k * S_o * (t_i - t_e) = 4,70 * 1,77 * (15 - (-15)) = \mathbf{250\ W}$$

kde:

S_o je plocha všech otvorů v místnosti, $[\text{m}^2]$

Výpočet je proveden pro 1.NP i 2.NP zároveň. Hodnoty základní tepelné ztráty prostupem přes okna a dveře pro ostatní místnosti v objektu jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9. Rozměrové a technické vlastnosti otvorů v jednotlivých místnostech [3] [1]

	Místnost	$S_o[m^2]$	$k[W/m^2 \cdot K]$	$t_i[^\circ C]$	$t_e[^\circ C]$	$Q_o[W]$
	1. podlaží					
1.1	Zádveří	1,77	4,70	15	-15	250
1.2	WC	0,25	2,80	15	-15	21
1.3	Pokoj	4,50	2,80	20	-15	441
1.4	Obývací pokoj	2,93	2,80	20	-15	287
1.5	Pokoj	2,93	2,80	20	-15	287
1.6	Kuchyň	4,50	2,80	20	-15	441
1.7	Koupelna	1,30	2,80	24	-15	142
1.8	Chodba+ schodiště	0,45	2,80	15	-15	38
	2. podlaží					
2.1	Chodba+ schodiště	0,45	2,80	15	-15	38
2.2	Obývací pokoj	5,85	2,80	20	-15	573
2.3	Kuchyň	4,69	2,80	20	-15	460
2.4	Koupelna + WC	1,30	2,80	24	-15	142
2.5	Pokoj	2,25	2,80	20	-15	221
2.6	Ložnice	2,25	2,80	20	-15	221
$Q_o = 3562 W$						

Po dosazení do upraveného vzorce (3) dostaneme celkovou základní tepelnou ztrátu přes veškeré otvory v 1.NP i 2.NP.

tedy:

$$Q_o = Q_{o1.1} + Q_{o1.2} + Q_{o1.3} + Q_{o1.4} + Q_{o1.5} + Q_{o1.6} + Q_{o1.7} + Q_{o1.8} + Q_{o2.1} + Q_{o2.2} + Q_{o2.3} + Q_{o2.4} + Q_{o2.5} + Q_{o2.6}$$

$$Q_o = 250 + 21 + 441 + 287 + 287 + 441 + 142 + 38 + 38 + 573 + 460 + 142 + 221 + 221 = \mathbf{3562 W}$$

3.5 Výpočet tepelné ztráty větráním

Provedený vzorový výpočet pro místnost 1.1:

Pro výpočet tepelné ztráty prostoru větráním $Q_{v1.1}$ musíme nejprve dosadit a vypočítat objem vzduchu $V_{m1.1}$ v počítané místnosti. Tuto hodnotu dostaneme základním výpočtem pro objem.

tedy:

$$V_{m1.1} = 1,85 * 3,2 * 2,6 = \mathbf{15,39\ m^2}$$

Abychom mohli pokračovat ve výpočtu potřebného průtoku $\dot{V}_{vH1.1}$ dle vzorce (8), musíme znát hodnotu intenzity výměny vzduchu infiltrací, ta se vypočítá dle vztahu (9):

$$n_{1.1} = \frac{3600 * \sum(i_{LV} * L) * B * M}{V_{m1.1}} = \frac{3600 * (0,00014 * 5,5) * 4 * 0,7}{15,39} = \mathbf{0,50\ h^{-1}}$$

kde hodnota součinitele spárové průvzdušnosti i_{LV} je k nalezení v [2] a charakteristické číslo budovy B a charakteristické číslo místnosti M v [1].

Potřebný průtok vzduchu $\dot{V}_{vH1.1}$ po dosazení do vzorce (8) je:

$$\dot{V}_{vH1.1} = \frac{n_{1.1}}{3600} * V_{m1.1} = \frac{0,50}{3600} * 15,39 = \mathbf{0,00214\ m^3/s}$$

Objemový tok větracího vzduchu $\dot{V}_{vP1.1}$ se stanoví dosazením do vztahu (10). tedy:

$$\dot{V}_{vP1.1} = \sum(i_{LV} * L) * B * M = (0,00014 * 5,5) * 4 * 0,7 = \mathbf{0,00216\ m^3/s}$$

Z výpočtů je pak zřejmé, že hodnota objemového toku větracího vzduchu $\dot{V}_{vP1.1}$ vyšla větší, než hodnota potřebného průtoku vzduchu $\dot{V}_{vH1.1}$, tudíž při následném počítání tepelné ztráty místnosti větráním $Q_{v1.1}$ dle vzorce (7) dosadíme za hodnotu $\dot{V}_{v1.1}$ hodnotu $\dot{V}_{vP1.1}$.

tedy:

$$Q_{v1.1} = 1300 * \dot{V}_v * (t_i - t_e) = 1300 * 0,00216 * (15 - (-15)) = \mathbf{84,24\ W}$$

Obdobně pokračujeme s výpočtem zbylých místností v domě. Všechny vypočtené hodnoty pro 1.NP i pro 2.NP jsou uvedeny v tabulce č. 10.

Tabulka 10. Rozměrové a technické vlastnosti místností v 1.NP a 2.NP [3]

	Místnost	$V_m[m^3]$	$t_i[^\circ C]$	$t_e[^\circ C]$	$Q_v[W]$
	1. podlaží				
1.1	Zádveří	15,39	15	-15	84
1.2	WC	9,39	15	-15	32
1.3	Pokoj	44,01	20	-15	214
1.4	Obývací pokoj	45,24	20	-15	123
1.5	Pokoj	36,40	20	-15	123
1.6	Kuchyň	42,09	20	-15	214
1.7	Koupelna	10,92	24	-15	91
1.8	Chodba+ schodiště	5,72	15	-15	55
	2. podlaží				
2.1	Chodba+ schodiště	18,72	15	-15	55
2.2	Obývací pokoj	83,20	20	-15	246
2.3	Kuchyň	52,03	20	-15	288
2.4	Koupelna + WC	17,55	24	-15	91
2.5	Pokoj	27,14	20	-15	107
2.6	Ložnice	26,21	20	-15	107
$Q_v = 1830 W$					

Pouhým sečtením poté dostaneme celkovou ztrátu větráním celého objektu. tedy:

$$Q_v = Q_{v1.1} + Q_{v1.2} + Q_{v1.3} + Q_{v1.4} + Q_{v1.5} + Q_{v1.6} + Q_{v1.7} + Q_{v1.8} + Q_{v2.1} + Q_{v2.2} + Q_{v2.3} + Q_{v2.4} + Q_{v2.5} + Q_{v2.6}$$

$$Q_v = 84 + 32 + 214 + 123 + 123 + 214 + 91 + 55 + 55 + 246 + 288 + 91 + 107 + 107 = \mathbf{1830 W}$$

3.6 Celková tepelná ztráta

Pokud bychom do výpočtu zahrnovali i návrh topení, postupovali bychom následovně: Abychom mohli dosadit do vzorce (2) pro výpočet tepelné ztráty Q_p všechny hodnoty, musíme znát hodnoty přírážek p_1 , p_2 a p_3 .

K určení přírážky k vyrovnaní vlivu chladných konstrukcí p_1 nejprve vypočítáme součinitel prostupu tepla všech konstrukcí k_c dle vzorce (4), tedy:

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} = \frac{21268}{28454,3} = \mathbf{0,747 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

kde základní tepelná ztráta Q_o vznikla jednoduchým součtem tepelné ztráty přes obvodové stěny, přes podlahu, přes strop a tepelné ztráty přes otvory, tedy:

$$Q_o = 8518 + 2179 + 7009 + 3562 = \mathbf{21268 \text{ W}}$$

a suma celkových ploch všech konstrukcí ohraničující počítané místnosti vynásobená rozdílem teplot v jednotlivých místnostech je po výpočtu rovna $\sum S \cdot (t_i - t_e) = 28454,3$.

K dosazení do vzorce (5) pro výpočet přírážky k vyrovnaní vlivu chladných konstrukcí p_1 máme vše potřebné, tedy:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c = 0,15 \cdot 0,747 = \mathbf{0,1121}$$

Jelikož se jedná o objekt opatřený samostatnou kotelnou na tuhá paliva s jmenovitým výkonem nepřekračující 150kW tak se předpokládá, že ani během nejnižších teplot nelze zajistit nepřetržitý topný provoz. Z tohoto důvodu počítám s přírážkou na urychlení zátopy $p_2 = 0,1$.

Přírážku na světovou stranu $p_3 = 0,1$ jsem určil z literatury [1], přičemž беру v potaz nejvíce ochlazovanou konstrukci, tj. na severní straně.

Nyní můžeme vypočítat tepelnou ztrátu Q_p pro všechny místnosti dosazením do vzorce (2), tedy:

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 21268 \cdot (1 + 0,1121 + 0,1 + 0,1) = \mathbf{27906 \text{ W}}$$

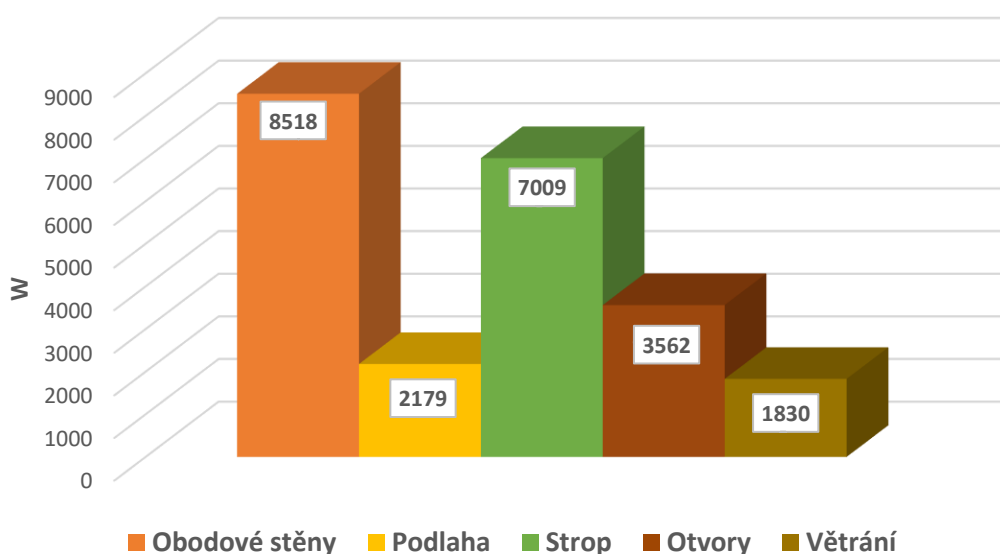
Jelikož se však jedná o čistý výpočet tepelných ztrát objektu, kde se návrh topení nezahrnuje, s přírážkami p_1 , p_2 a p_3 se vůbec nezaobíráme a za tepelnou ztrátu Q_p dosadíme základní tepelnou ztrátu Q_o .

Finální výpočet celkové tepelné ztráty objektu Q_c je tedy po úpravě počítán dle vzorce (1):

$$Q_c = Q_o + Q_v - Q_z = 21268 + 1830 - 0 = \mathbf{23098 \text{ W}}$$

kde s trvalými tepelnými zisky Q_z nepočítám, tj. $Q_z = 0$.

Graf 1. Grafické porovnání tepelných ztrát před zateplením



Při pohledu na graf 1 je patrné, že největší tepelné ztráty jsou přes obvodové stěny a strop. Je to dáno zejména absencí dodatečných izolačních materiálů. Třetím největším viníkem tepelných ztrát jsou výplně otvorů v obvodových konstrukcích. Ty tvoří stará dřevěná okna.

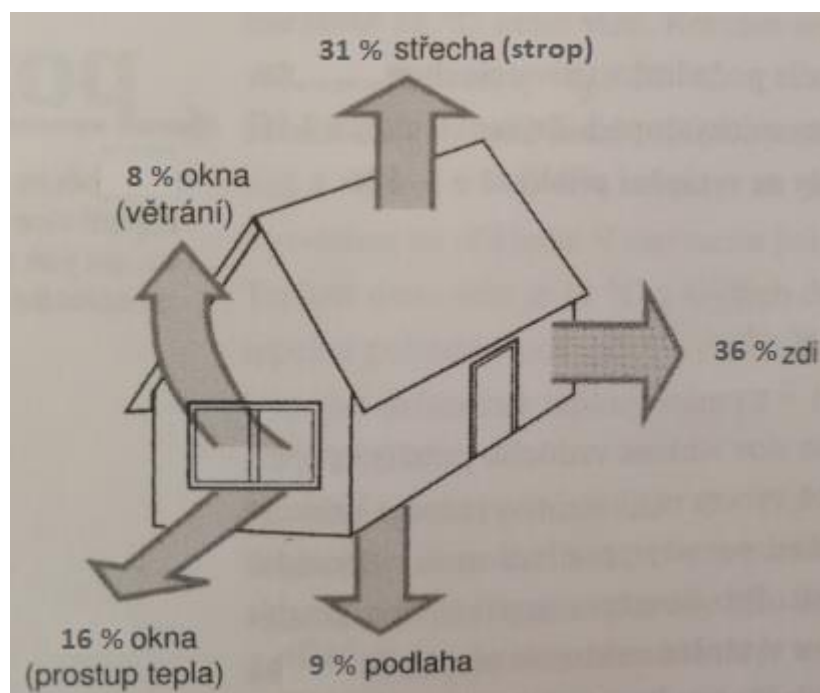
4 Návrh opatření ke snížení tepelných ztrát

V chladnějším zimním období je zapotřebí udržovat potřebnou teplotu vzduchu v místnosti topením. Přivádět teplo v požadovaném množství není žádný problém, avšak z hlediska hospodárnosti je zapotřebí teplem šetřit. Čím tedy méně tepla odejde konstrukcí domu ven, tím méně tepla je přivedeno a tím jsou i nižší náklady na provoz. Únik tepla konstrukcí je možno zabránit tepelnou izolací vytápěného domu. Tyto tepelné ztráty jednotlivými stavebními konstrukcemi vyobrazuje obr.5. [8]

Je nutno však také zdůraznit, že dosažená reálná efektivnost již zrealizovaných opatření ke zlepšení tepelných vlastností a spotřeby energie při vytápění objektu je značně ovlivňováno i uživateli objektu. I to nejlepší tepelné opatření nemusí nutně znamenat očekávaný efekt, jestliže uživatelé objektu nemají zájem o rozumné řešení energetických problémů budov. [9]

Vhodným výběrem izolací a způsobem aplikace z velké části ovlivníme tepelné vlastnosti celého domu. Izolovat dům je doporučováno z vnější strany, protože tak zdivo nepromrzá. Naopak u stěny izolované na vnitřní straně a u neizolované stěny je velmi pravděpodobné promrzání v zimním období. Proto se také vnitřní izolace nedoporučuje a je nevhodná, protože jako důsledek promrzání je tvorba plísní vlivem srážení par mezi povrchem izolace a stěny.

Obr.5. Rozložení tepelných úniků vytápěného objektu v procentech



Vhodným a velice používaným izolačním materiálem jsou polystyrenové desky, zejména pro jeho cenu. Jiný, o něco dražší způsob zateplení obvodových stěn je použití minerální vlny. Tento materiál je dostupný jak v podobě rolí – skelná vata, tak ve formě desky – čedičová vata. Čedičová vata je však nejčastěji používána k izolaci vnitřních prostorů. Minerální vata je požáruvzdorná, vodoodpudivá a paropropustná. Zabraňuje také množení bakterií a hub a je zdravotně nezávadná. Její výhodou je hlavně ohebnost, což ji umožňuje použít i na těžce přístupná místa nebo při aplikaci na tvarově složitě objekty. Další z možností, jak obvodové stěny zateplit je použití fenolické pěny. Extrémně nízký součinitel tepelné vodivosti tohoto materiálu předurčuje jeho použití do konstrukcí, kde je třeba dosáhnout co nejmenší tloušťky zateplení. Toho je možno využít například u ostění nebo nadpraží oken, kde je nutná co největší účinnost tepelné izolace při co nejmenší tloušťce. [8] [9] [10]

Nezanedbatelný vliv na tepelné ztráty objektu mají bezpochyby okna. Mnoho domů proto podstupuje výměnu nevyhovujících starých oken za nová s daleko lepšími tepelně izolačními vlastnostmi. Mezi taková okna je možno zařadit hlavně plastová čtyřkomorová a vícekomorová okna s mezerou mezi skly vyplněnou zdravím neškodným plynem, nejčastěji argonem. [8]

Pro zateplení podlahy či stropu jsou opět vhodné desky z polystyrenu, které se lepí a mechanicky kotví k potřebné stěně s následnou povrchovou úpravou omítkou. Alternativou mohou být také desky z minerální vlny, které však díky své nasákavosti nejsou vhodné používat

ve vlhkých prostorech. V případě nedostatku místa v podhledu nevytápěné místnosti se volí varianta kotvení izolačních desek přímo do podlahy. [11]

V mé práci se pro zlepšení tepelně izolačních vlastností zabývám vnější izolací domu, izolací stropu a podlahy a také výměnou oken. Výpočty u vnější izolace, stropu a podlahy jsou provedeny ve dvou variantách tloušťky izolačního materiálu, aby výsledná vybraná varianta byla finančně rozumná a zároveň aby dosahovala snížení tepelné ztráty o deklarovaných 50 %.

5 Volba a popis vlastností použitých izolačních materiálů

5.1 Izolace obvodového zdiva

Z důvodu dostupnosti a také ceny pro zlepšení tepelných vlastností obvodového zdiva volím fasádní polystyren. Ten vybírám od firmy STYROTRADE, typ EPS 100F. Tyto polystyrenové desky jsou vhodné pro kontaktní zateplovací systémy. Součinitel tepelné vodivosti u tohoto izolačního materiálu je roven $\lambda = 0,037 \text{ W/m.K.}$ [13] Tloušťku t navrhuji 80 mm pro jeden výpočet, a pro druhý navrhuji $t = 120 \text{ mm}$. Technický list je k nalezení v [12]. Pohledová vrstva na polystyren je pak vápenná jádrová omítka jemná tl. 20 mm od firmy Cemix, která má součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,74 \text{ W/m.K.}$ [14]

5.2 Izolace podlah a stropu

Podlahu v přízemí ve styku s nevytápěným podsklepením je také nutno zaopatřit tepelnou izolací vedoucí ke snížení tepelných ztrát. Pro tento účel navrhuji přidat do podhledu sklepa polystyrenové desky a následně vápennou omítku. Izolační polystyren volím z důvodu finančních úspor totožný jako u fasádního zateplení obvodových stěn. Jedná se o polystyren EPS 100F, který je možno použít také pro interiérové aplikace. Jeho součinitel tepelné vodivosti je roven $\lambda = 0,037 \text{ W/m.K.}$ [13] Tloušťky pro výpočet navrhuji $t = 50 \text{ mm}$ a $t = 100 \text{ mm}$. Pokud se jedná o vápennou omítku, tu navrhuji tloušťky $t = 10 \text{ mm}$.

U zateplení stropu postupuji tak, že na straně nezatepleného neobytného podkroví navrhuji na stávající železobetonovou vrstvu přidat podlahový polystyren a následně podlahový beton. Izolační podlahový polystyren volím opět z důvodu úspor od stejné firmy jako u obvodového zdiva, firma STYROTRADE. Jedná se o polystyren EPS 100, který má stejné izolační vlastnosti jako EPS 100F použitý na zateplení fasády. [13][15] Jeho tloušťku pro výpočty navrhuji $t = 100 \text{ mm}$ a $t = 50 \text{ mm}$. Z důvodu menšího zatížení stávající konstrukce stropu je vhodné volit beton s menší

objemovou hmotností. Proto volím lehčený beton Mix Final od firmy Liapor, tloušťku $t = 100 \text{ mm}$. Jeho tepelná vodivost je $\lambda = 0,16 \text{ W/m.K}$. [16]

5.3 Výměna oken

Plošnou výměnou všech stávajících nevyhovujících dřevěných oken zajistím nezanedbatelné vylepšení tepelných vlastností celého objektu. Pro tuto aplikaci navrhuji plastová okna Premium EVO od firmy VEKRA. Disponuje součinitelem prostupu tepla o hodnotě $k = 0,70 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. [17]

6 Výpočet tepelné ztráty po zateplení domu

6.1 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes obvodové stěny

Složení obvodových stěn po zateplení

Tabulka 11. Složení obvodových stěn po zateplení, součinitel tepelné vodivosti λ [4] [5][13] [14]

	Jednotlivé vrstvy	$l \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/m.K]}$
1.	Vápenná omítka vnitřní	0,01	0,88
2.	Cihla plná pálená	0,45	0,86
3.	Vápenná omítka Břizolit vnější	0,015	1,11
4.	Polystyren EPS 100F	0,08 nebo 0,12	0,037
5.	Vápenná jádrová omítka	0,02	0,74

Po dosazení do vzorce (6) dostaneme součinitel prostupu tepla k_1 pro variantu $t = 80 \text{ mm}$:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{0,45}{0,86} + \frac{0,015}{1,11} + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,02}{0,74} + \frac{1}{23}} = 0,34 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

a pro variantu $t = 120 \text{ mm}$:

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{0,45}{0,86} + \frac{0,015}{1,11} + \frac{0,12}{0,037} + \frac{0,02}{0,74} + \frac{1}{23}} = 0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Po výpočtu dosazením do vzorce (3) dostaneme základní tepelnou ztrátu Q_o všech místností v 1.NP. Veškeré technické údaje a výsledky výpočtů pro 1.NP jsou uvedeny níže v tabulce 12. Údaje pro místnosti ve 2.NP jsou v tabulce 13.

Tabulka 12. Rozměrové a technické vlastnosti místností v 1.NP po zateplení [3] [1]

	Místnost	$S_S[m^2]$	$S_O[m^2]$	$k1 \text{ a } k2$ [W/m ² . K]	$t_i[^\circ C]$	$t_e[^\circ C]$	$Q_o[W]$ pro $k1$	$Q_o[W]$ pro $k2$
1.1	Zádveří	4,81	1,77	0,34 a 0,25	15	-15	31	23
1.2	WC	4,81	0,25	0,34 a 0,25	15	-15	47	34
1.3	Pokoj	30,42	4,50	0,34 a 0,25	20	-15	308	227
1.4	Obývací pokoj	15,86	2,93	0,34 a 0,25	20	-15	154	113
1.5	Pokoj	19,50	2,93	0,34 a 0,25	20	-15	197	145
1.6	Kuchyň	12,61	4,50	0,34 a 0,25	20	-15	97	71
1.7	Koupelna	11,18	1,30	0,34 a 0,25	24	-15	131	96
1.8	Chodba + schodiště	5,20	0,45	0,34 a 0,25	15	-15	48	36
$Q_{o1k1} = 1013 \text{ W}$ $Q_{o1k2} = 745 \text{ W}$								

Tabulka 13. Rozměrové a technické vlastnosti místností v 2.NP po zateplení [3] [1]

	Místnost	$S_S[m^2]$	$S_O[m^2]$	$k1 \text{ a } k2$ [W/m ² . K]	$t_i[^\circ C]$	$t_e[^\circ C]$	$Q_o[W]$ pro $k1$	$Q_o[W]$ pro $k2$
2.1	Chodba + schodiště	5,20	0,45	0,34 a 0,25	15	-15	48	36
2.2	Obývací pokoj	35,75	5,85	0,34 a 0,25	20	-15	356	262
2.3	Kuchyň	33,93	4,69	0,34 a 0,25	20	-15	348	256
2.4	Koupelna + WC	6,50	1,30	0,34 a 0,25	24	-15	69	51
2.5	Pokoj	7,54	2,25	0,34 a 0,25	20	-15	63	46
2.6	Ložnice	16,64	2,25	0,34 a 0,25	20	-15	171	126
$Q_{o2k1} = 1055 \text{ W}$ $Q_{o2k2} = 777 \text{ W}$								

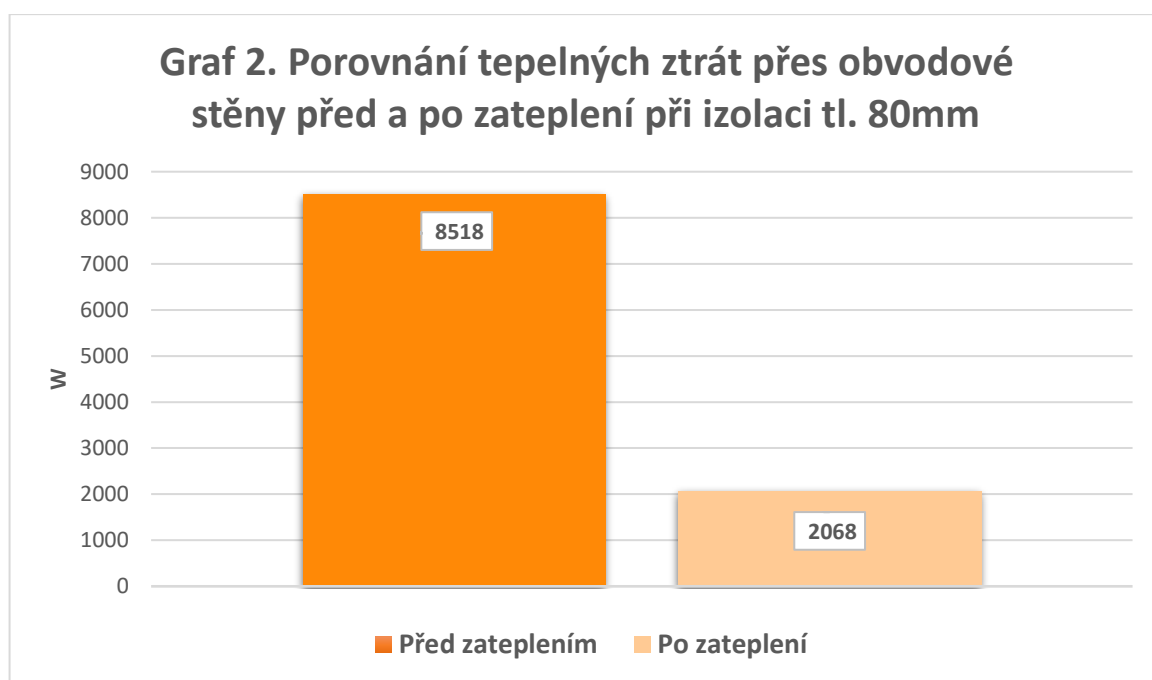
Z těchto hodnot jasně vyplývá, že už při tepelné izolaci tloušťky $t = 80 \text{ mm}$ je výsledná hodnota základní tepelné ztráty Q_o pro obě podlaží snížena téměř 4x oproti původní hodnotě. Z tohoto důvodu není již třeba tloušťku izolace pro splnění účelu dále zvětšovat. Vybírám tedy a dále počítám už jen s tloušťkou izolace polystyrenu $t = 80 \text{ mm}$.

Celkovou základní tepelnou ztrátu přes obvodové stěny pro celý objekt Q_o vypočteme sečtením tepelné ztráty pro jednotlivá podlaží Q_{o1k1} a Q_{o2k1} . Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 12 a 13.

tedy:

$$Q_o = Q_{o1k1} + Q_{o2k1} = 1013 + 1055 = \mathbf{2068 \text{ W}}$$

V následujícím grafu 2 porovnávám tepelné ztráty přes obvodové stěny před a po zateplení. Jedná se o vybranou variantu tloušťky izolace $t = 80 \text{ mm}$



6.2 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes podlahu

Složení podlahy v 1.NP po tepelné úpravě

Tabulka 14. Složení vrstev podlahy v přízemí po zateplení, součinitel tepelné vodivosti λ [4] [13] [15]

	Jednotlivé vrstvy	l [m]	λ [W/m.K]
1.	Linoleum	0,008	0,19
2.	Beton z expandované břídlíce	0,10	0,48
3.	Železobeton	0,15	1,43
4.	Vápenná omítka vnitřní	0,01	0,88
5.	Polystyren EPS 100F	0,05 nebo 0,10	0,037
6.	Vápenná omítka	0,01	0,88

Po dosazení do vzorce (6) dostaneme součinitel prostupu tepla k_1 pro variantu $t = 50 \text{ mm}$:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,008}{0,19} + \frac{0,10}{0,48} + \frac{0,15}{1,43} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{1}{23}} = 0,53 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

a pro variantu $t = 100 \text{ mm}$:

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,008}{0,19} + \frac{0,10}{0,48} + \frac{0,15}{1,43} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{0,10}{0,037} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{1}{23}} = 0,31 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Pro výpočet základní tepelné ztráty Q_o dosadíme opět jako v předchozím výpočtu do rovnice (3). Zbylé technické údaje všech místností a výsledky výpočtů jsou uvedeny dále v tabulce 15.

Tabulka 15. Rozměrové a technické vlastnosti podlahy místností v 1.NP po zateplení [3][1]

	Místnost	$S[m^2]$	$k1 \text{ a } k2$ [W/m ² ·K]	$t_i[^\circ C]$	$t_{ie}[^\circ C]$	$Q_o[W]$ pro $k1$	$Q_o[W]$ pro $k2$
1.1	Zádveří	5,92	0,53 a 0,31	15	5	31	18
1.2	WC	3,61	0,53 a 0,31	15	5	19	11
1.3	Pokoj	16,96	0,53 a 0,31	20	5	135	79
1.4	Obývací pokoj	17,40	0,53 a 0,31	20	5	138	81
1.5	Pokoj	14,00	0,53 a 0,31	20	5	111	65
1.6	Kuchyň	16,19	0,53 a 0,31	20	5	129	75
1.7	Koupelna	4,20	0,53 a 0,31	24	5	42	25
1.8	Chodba+ schodiště	2,20	0,53 a 0,31	15	5	12	7
$Q_{ok1} = 617 \text{ W}$ $Q_{ok2} = 361 \text{ W}$							

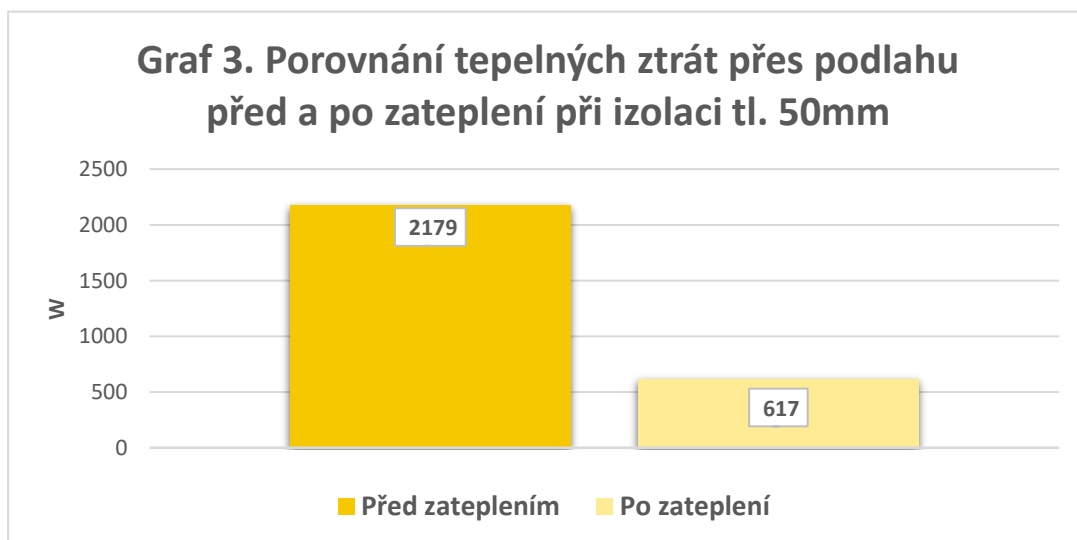
Opět je z výpočtů zřejmé, že hodnota základní tepelné ztráty Q_o je více než 3x menší než původní hodnota již při variantě tloušťky tepelné izolace $t = 50 \text{ mm}$. Z tohoto důvodu a také z finančního hlediska je rozumné dále počítat s tloušťkou tepelné izolace $t = 50 \text{ mm}$, která s rezervou vystačuje pro splnění deklarované hodnoty snížení celkové tepelné ztráty domu.

Celková základní tepelná ztráta přes podlahy v 1.NP je tedy rovna:

$$Q_o = Q_{o1.1k1} + Q_{o1.2k1} + Q_{o1.3k1} + Q_{o1.4k1} + Q_{o1.5k1} + Q_{o1.6k1} + Q_{o1.7k1} + Q_{o1.8k1}$$

$$Q_o = 31 + 19 + 135 + 138 + 111 + 129 + 42 + 12 = \mathbf{617 \text{ W}}$$

V následujícím grafu 3 porovnávám tepelné ztráty přes podlahu před a po zateplení. Jedná se o vybranou variantu tloušťky izolace $t = 50 \text{ mm}$.



6.3 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes strop

Složení vrstev stropu po zateplení

Tabulka 16. Složení vrstev stropu ve 2.NP po zateplení, součinitel tepelné vodivosti λ [3] [4] [13] [15]

	Jednotlivé vrstvy	l [m]	λ [W/m.K]
1.	Podlahový beton Liapor final mix	0,06	0,16
2.	Polystyren EPS STYRO 100	0,1 a 0,05	0,037
3.	Železobeton	0,20	1,43
4.	Vápenná omítka vnitřní	0,01	0,88

Po dosazení do vzorce (6) dostaneme součinitel prostupu tepla $k1$ pro variantu $t = 100 \text{ mm}$:

$$k1 = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,06}{0,16} + \frac{0,10}{0,037} + \frac{0,20}{1,43} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{1}{23}} = 0,29 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

a pro variantu $t = 50 \text{ mm}$:

$$k2 = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,06}{0,16} + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,20}{1,43} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{1}{23}} = 0,49 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Po dosazení do rovnice (3) pro výpočet základní tepelné ztráty Q_o získáme potřebné hodnoty uvedené níže v tabulce 17.

Tabulka 17. Rozměrové a technické vlastnosti stropu místností v 2.NP po zateplení [3] [1]

	Místnost	$S[\text{m}^2]$	$k1 \text{ a } k2$ [W/m ² · K]	$t_i[^\circ\text{C}]$	$t_{ie}[^\circ\text{C}]$	$Q_o[\text{W}]$ pro $k1$	$Q_o[\text{W}]$ pro $k2$
2.1	Chodba+ schodiště	7,20	0,29 a 0,49	15	-6	44	74
2.2	Obývací pokoj	32,00	0,29 a 0,49	20	-6	241	408
2.3	Kuchyň	20,01	0,29 a 0,49	20	-6	151	255
2.4	Koupelna + WC	6,75	0,29 a 0,49	24	-6	59	99
2.5	Pokoj	10,44	0,29 a 0,49	20	-6	79	133
2.6	Ložnice	10,08	0,29 a 0,49	20	-6	76	128
$Q_{ok1} = 650 \text{ W}$ $Q_{ok2} = 1097 \text{ W}$							

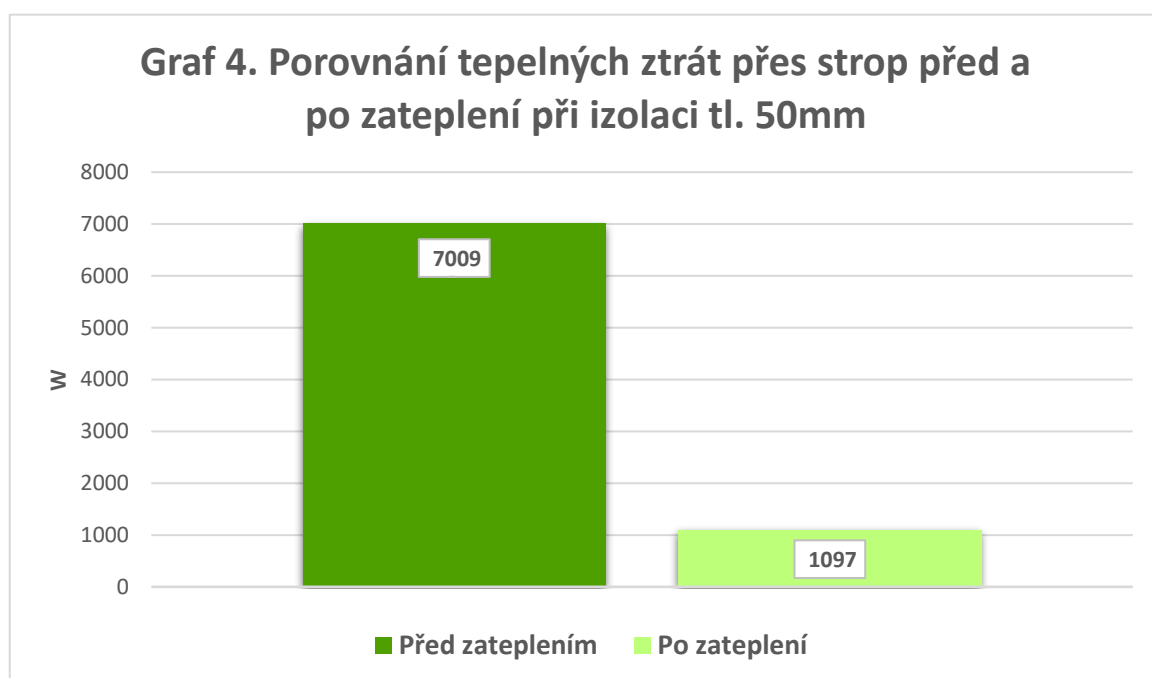
Hodnota základní tepelné ztráty Q_o je v tomto případě dokonce více než 6x menší než původní hodnota při variantě tloušťky tepelné izolace $t = 50 \text{ mm}$. Tudíž rozhodně volím tuto tloušťku pro následné zateplení objektu.

Celková základní tepelná ztráta přes strop ve 2.NP je tedy rovna:

$$Q_o = Q_{o2.1k2} + Q_{o2.2k2} + Q_{o2.3k2} + Q_{o2.4k2} + Q_{o2.5k2} + Q_{o2.6k2}$$

$$Q_o = 74 + 408 + 255 + 99 + 133 + 128 = \mathbf{1097 \text{ W}}$$

V následujícím grafu 4 porovnávám tepelné ztráty přes strop před a po zateplení. Jedná se o vybranou variantu tloušťky izolace $t = 50 \text{ mm}$.



6.4 Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes otvory

Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes otvory včetně technických a rozměrových údajů místností je proveden v tabulce 18. Vstupní dveře zůstávají původní. Výpočet je proveden jak pro 1.NP, tak pro 2.NP.

Tabulka 18. Rozměrové a technické vlastnosti otvorů v jednotlivých místnostech po zateplení [3][1][17]

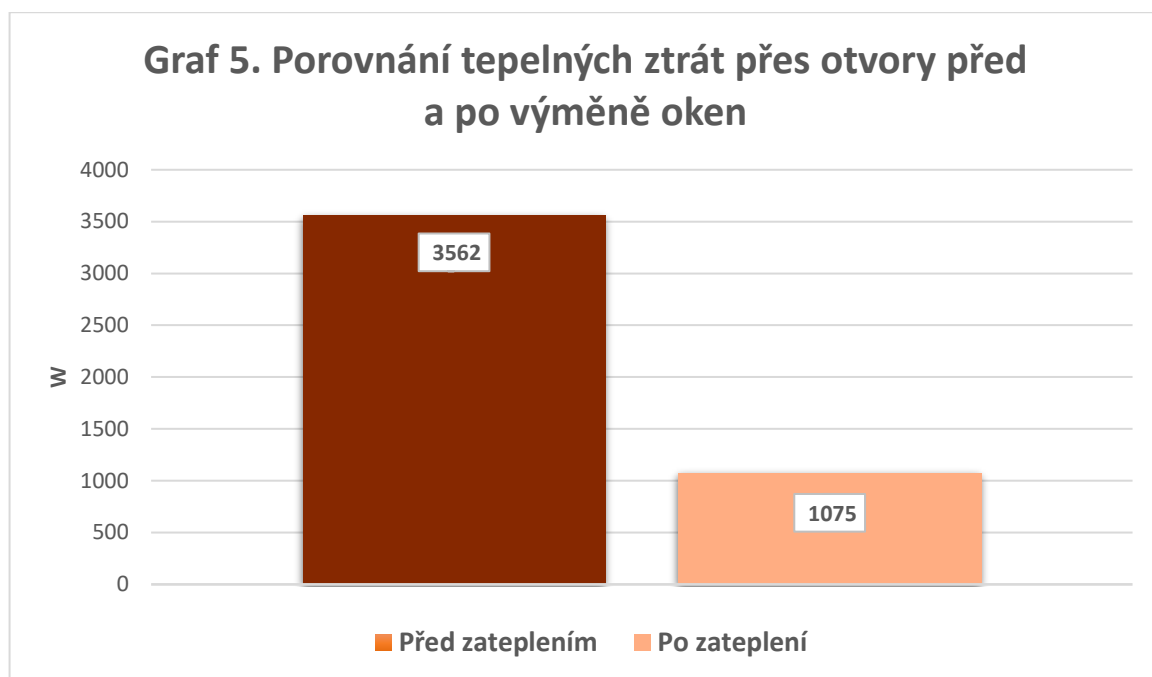
	Místnost	$S_o[m^2]$	$k[W/m^2 \cdot K]$	$t_i[^\circ C]$	$t_e[^\circ C]$	$Q_o[W]$
	1. podlaží					
1.1	Zádveří	1,77	4,70	15	-15	250
1.2	WC	0,25	2,80	15	-15	5
1.3	Pokoj	4,50	2,80	20	-15	110
1.4	Obývací pokoj	2,93	2,80	20	-15	72
1.5	Pokoj	2,93	2,80	20	-15	72
1.6	Kuchyň	4,50	2,80	20	-15	110
1.7	Koupelna	1,30	2,80	24	-15	35
1.8	Chodba+ schodiště	0,45	2,80	15	-15	9
	2. podlaží					
2.1	Chodba+ schodiště	0,45	2,80	15	-15	9
2.2	Obývací pokoj	5,85	2,80	20	-15	143
2.3	Kuchyň	4,69	2,80	20	-15	115
2.4	Koupelna + WC	1,30	2,80	24	-15	35
2.5	Pokoj	2,25	2,80	20	-15	55
2.6	Ložnice	2,25	2,80	20	-15	55
$Q_o = 1075 W$						

Celková tepelná ztráta přes výplně otvorů je rovna:

$$Q_o = Q_{o1.1} + Q_{o1.2} + Q_{o1.3} + Q_{o1.4} + Q_{o1.5} + Q_{o1.6} + Q_{o1.7} + Q_{o1.8} + Q_{o2.1} + Q_{o2.2} + Q_{o2.3} + Q_{o2.4} + Q_{o2.5} + Q_{o2.6}$$

$$Q_o = 250 + 5 + 110 + 72 + 72 + 110 + 35 + 9 + 9 + 143 + 115 + 35 + 55 + 55 = 1075 W$$

V následujícím grafu 5 porovnávám tepelné ztráty přes otvory před a po výměně oken. Z něho je patrné, že tepelná ztráta se zmenšila více než 3x z původní hodnoty.



6.5 Výpočet tepelné ztráty větráním

Tepelné ztráty větráním Q_v se vůči současnému nezateplenému stavu domu nemění. Její hodnota tedy zůstává:

$$Q_v = Q_{v1.1} + Q_{v1.2} + Q_{v1.3} + Q_{v1.4} + Q_{v1.5} + Q_{v1.6} + Q_{v1.7} + Q_{v1.8} + Q_{v2.1} + Q_{v2.2} + Q_{v2.3} + Q_{v2.4} + Q_{v2.5} + Q_{v2.6}$$

$$Q_v = 84,24 + 31,56 + 214,03 + 123,07 + 123,07 + 214,03 + 91,42 + 55,04 + 55,04 + 245,89 + 286,65 + 91,42 + 107,02 + 107,02 = \mathbf{1830\ W}$$

6.6 Celková tepelná ztráta

Postupujeme stejně jako u výpočtů celkových tepelných ztrát u nezatepleného domu.

Základní tepelná ztráta Q_o je rovna:

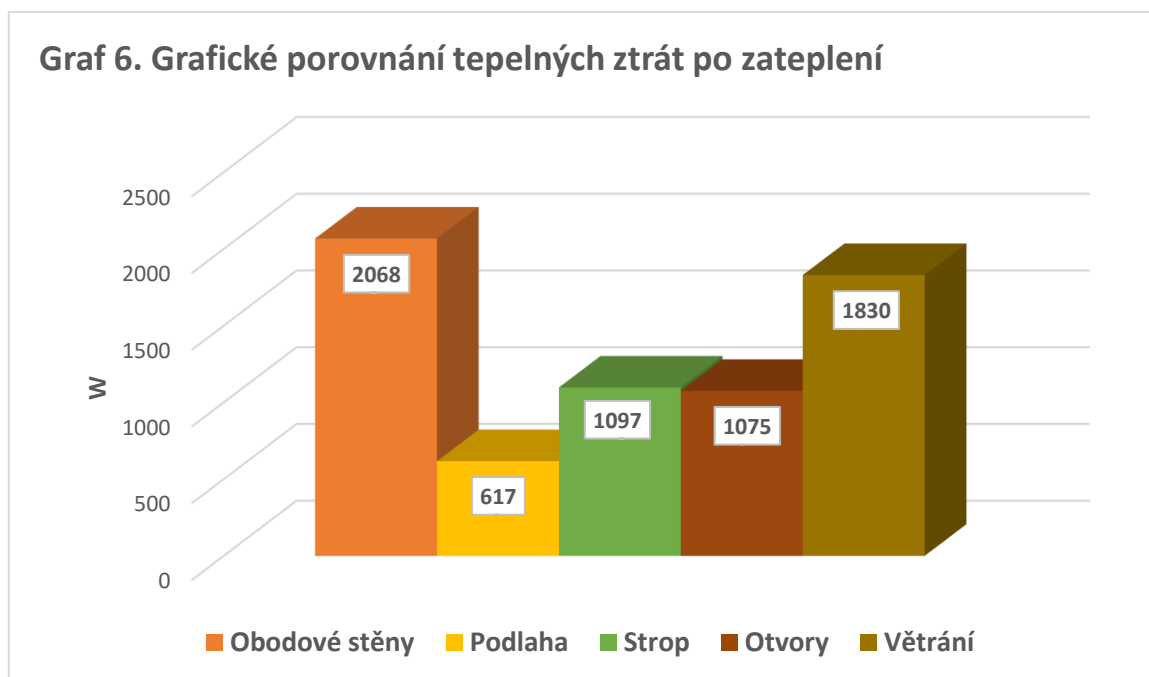
$$Q_o = 2068 + 617 + 1097 + 1075 = \mathbf{4857\ W}$$

Finální výpočet celkové tepelné ztráty objektu Q_c je počítán dle upraveného vzorce (1), tedy:

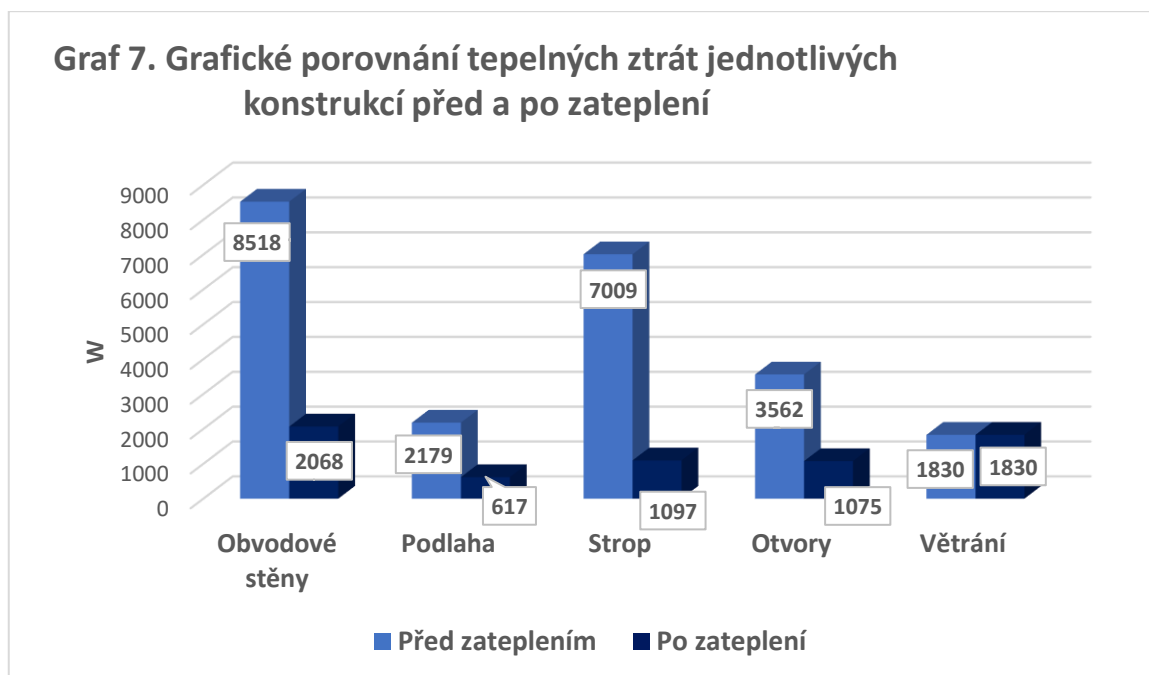
$$Q_c = Q_o + Q_v - Q_z = 4857 + 1830 - 0 = \mathbf{6687\ W}$$

kde s trvalými tepelnými zisky Q_z nepočítám, tj. $Q_z = 0$.

V následujícím grafu 6 porovnávám tepelné ztráty přes jednotlivé dílčí části konstrukce domu.



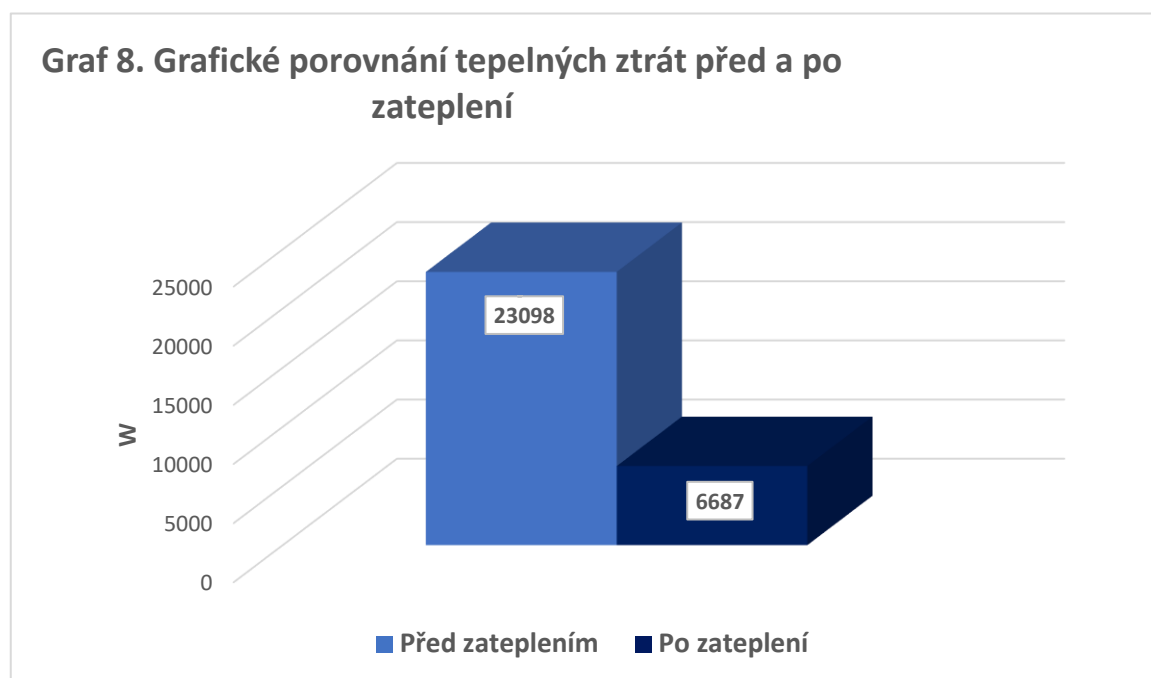
7 Optimalizace a zhodnocení tepelných opatření s cílem snížit celkovou tepelnou ztrátu o 50 %



Při pohledu graf 7 můžeme vyvodit, že mé předpoklady byly správné. Po zateplení objektu se razantně snížily celkové tepelné ztráty objektu. Nejvíce stále teplo uniká přes obvodové

stěny, ale to je logické díky ploše, kterou tyto konstrukce zabírají. Nyní také díky celkovému snížení tepelných ztrát tvoří relativně velkou procentuální část větrání.

Porovnání tepelných ztrát před a po zateplení můžeme vidět v grafu 8.



Celkové tepelné ztráty domu před zateplením činily 23098 W. Po tepelném opatření již jen 6687 W. Cílem bylo snížit tepelné úniky o 50 %. Tyto predikce se naplnily a dokonce překonaly. Výsledné snížení tepelných ztrát oproti původnímu stavu činí 71 %.

Velikost tohoto „skoku“ tepelných ztrát je dána primárně velmi špatnými tepelnými vlastnostmi objektu v současném stavu. Například u domu v původním stavu je tepelná ztráta přes obvodové stěny 8518 W, u zatepleného pak jen 2068 W. Tento rozdíl je dán hlavně rozdílem v hodnotách součinitele prostupu tepla k . Stačilo tedy pouze přidat relativně tenkou vrstvu tepelné izolace do výpočtů a vyměnit okna a tyto hodnoty se okamžitě několikanásobně zmenšily.

8 Stanovení finančních nákladů na zlepšení tepelné ztráty

Pro stanovení finančních nákladů na zlepšení tepelné ztráty počítám se všemi zásahy do konstrukce rodinného domu, tedy zateplení obvodového pláště, zateplení stropu, podlahy a také výměnu oken.

Pro určení hrubé ceny zateplení obvodových zdí částečně vycházím z literatury [18]. Cenu na základě mých znalostí a studií literatury odhaduji na 1000Kč/m². Tato cena zahrnuje všechny nutné a potřebné materiály i práce, včetně pronájmu lešení a odvozu suti s úklidem. Pro příklad uvádím pár z nich:

-Polystyren STYROTRADE EPS 100F	100Kč/m ²	
-Lepící a stěrková hmota	85Kč/m ²	
-Talířová hmoždinka	35Kč/m ²	
-Montážní práce	440Kč/m ²	
-Lešení	145Kč/m ²	
-Odvoz suti a úklid	30Kč/m ²	a další

Cenu za tepelnou úpravu stropu a podlahy odhaduji na 700Kč/m².

Nakonec cena za výměnu oken vychází dle mých odhadů a za použití literatury [19] na 4500Kč/m².

Z výše uvedených cen za m² můžu nyní určit celkové náklady na tepelnou úpravu domu. Pro přehlednost vše uvádím do tabulky 19.

Tabulka 19. Hrubý odhad cen na zateplení jednotlivých konstrukcí

Konstrukce	Plocha S [m ²]	Cena [Kč/m ²]	Cena celkem [Kč]
Obvodové zdivo	313	1000	313 000
Strop	86	700	60 200
Podlaha	80	700	56 000
Okna	35	4500	157 000
Celkem: 586 200 Kč			

Celkem tedy náklady na zlepšení tepelné ztráty rodinného domu činí 586 200 Kč.

9 Stanovení finančních nákladů na vytápění

Pro stanovení nákladů na vytápění rodinného domu je nutné nejprve určit potřebné množství tepla, které musíme domu dodat při vytápění. Tato hodnota se vypočítá tzv. denostupňovou metodou [20]. Až poté je možné určit na základě ceny paliva reálnou spotřebu a provozní náklady. V následujících podbodech počítám náklady na vytápění jak v původním nezatepleném domě, tak v optimalizovaném.

9.1 Původní rodinný dům

Nejprve určím tepelnou ztrátu při průměrné venkovní teplotě během topného období Q_{t-es} dle vzorce:

$$Q_{t-es} = Q_c * \frac{(t_{is}-t_{es})}{(t_{is}-t_e)} \quad [\text{W}] \quad (11)$$

kde:

t_{is} je průměrná vnitřní výpočtová teplota – volím 19°C,

t_{es} průměrná venkovní teplota v topné sezóně – volím pro mou oblast 4°C,

t_e venkovní výpočtová teplota (-15°C).

Po dosazení do vzorce (11) tedy:

$$Q_{t-es} = 23098 * \frac{(19 - 4)}{(19 - (-15))} = \mathbf{10190 \text{ W}}$$

Potřeba tepla na vytápění za rok se počítá dle vztahu:

$$Q_{vyt-r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} * Q_{t-es} * 3600 * 24 * d \quad [\text{J/rok}] \quad (12)$$

kde:

ε je opravný součinitel – volím 0,71,

η_o účinnost regulace soustavy – volím 0,95,

η_r účinnost rozvodu vytápění – volím 0,95,

d délka topného období – volím pro mou oblast 220 dní.

Po dosazení do vzorce (12) tedy:

$$Q_{vyt-r} = \frac{0,71}{0,95 * 0,95} * 10190 * 3600 * 24 * 220 = \mathbf{152 \text{ GJ/rok} = 42 \text{ MWh/rok}}$$

Reálná spotřeba paliva m_{pal} se pak spočítá vydělením spotřeby tepla Q_{vyt-r} s účinností spalování paliva kotlem η_{vyt} , která je při spalování černého uhlí rovna hodnotě 0,6, a výhřevností paliva Q_i^r , kterou volím 23 MJ/kg. tedy:

$$m_{pal} = \frac{152}{23 * 0,6} = \mathbf{11,01\ t/rok}$$

Při hrubé ceně uhlí 5000Kč/t [21] a odhadnuté ceně za dopravu a nakládku uhlí 2000Kč se výpočtem dostaneme k celkovým ročním nákladům na vytápění stávajícího domu N_{p-rok} , tedy:

$$N_{p-rok} = 11,01 * 5000 + 2000 = \mathbf{57\ 050\ Kč/rok}$$

9.2 Optimalizovaný rodinný dům

U optimalizovaného rodinného domu pokračuji s výpočty totožně jako v předchozím postupu u nezatepleného domu. Tepelná ztráta při průměrné venkovní teplotě během topného období je tedy dle vztahu (11):

$$Q_{t-es} = 6687 * \frac{(19 - 4)}{(19 - (-15))} = \mathbf{2950\ W}$$

Potřebu tepla na vytápění pak dle rovnice (12):

$$Q_{vyt-r} = \frac{0,71}{0,95 * 0,95} * 2950 * 3600 * 24 * 220 = \mathbf{44\ GJ/rok = 12\ MWh/rok}$$

Reálná spotřeba paliva m_{pal} je rovna:

$$m_{pal} = \frac{44}{23 * 0,6} = \mathbf{3,2\ t/rok}$$

Celkové roční náklady na vytápění optimalizovaného domu N_{p-rok} jsou rovny:

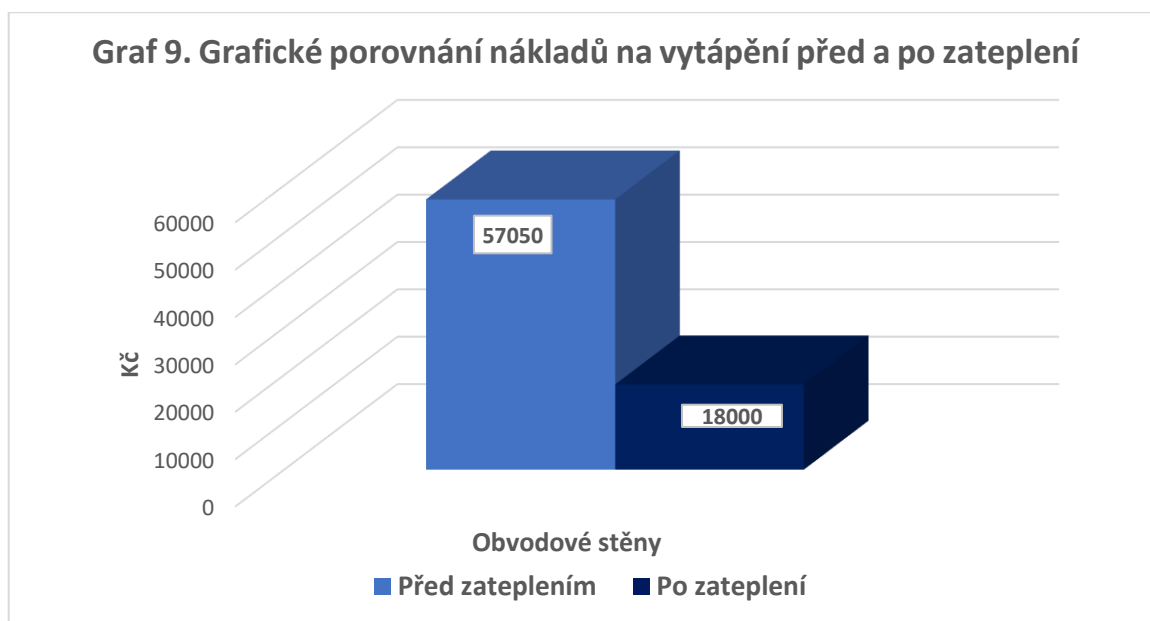
$$N_{p-rok} = 3,2 * 5000 + 2000 = \mathbf{18\ 000\ Kč/rok}$$

10 Porovnání finančních nákladů na vytápění a návratnost investice

Pro přehlednost uvádím roční náklady na vytápění v obou případech do tabulky 20.

Tabulka 20. Roční finanční náklady na vytápění

	Tepelná ztráta Q_c [W]	Potřeba tepla Q_{vyt-r} [GJ/rok]	Náklady [Kč/rok]
Stávající dům	23 098	152	57 050
Optimalizovaný dům	6 687	44	18 000



Z tabulky 20 a grafu 9 výše uvedených je patrné, že náklady na vytápění byly očekávaně sníženy z 57050Kč/rok na 18000Kč/rok, což je velmi pozitivní výsledek. Ročně tedy na vytápění ušetříme 39050Kč.

Při počítání návratnosti investice T_s bereme v potaz pořizovací náklady a roční úsporu, kterou nám zateplení domu přinese. Tyto hodnoty se jednoduše vydělí. [22] Tedy:

$$T_s = \frac{586200 \text{ Kč}}{39050 \text{ Kč/rok}} = 15 \text{ let}$$

Prostá doba návratnosti investice je tedy 15 let. To znamená, že počítáme-li životnost kvalitního zateplení 25 let, bude rodinný dům dalších 10 let teoreticky už jen šetřit peníze. Tento model nezapočítává hodnotu peněz a ani stále rostoucí cenu za palivo – pokud by tomu tak bylo, doba návratnosti by byla zcela určitě kratší než avizovaných 15let. Pokud bychom například v domě vyměnili energetický zdroj z uhlí na zemní plyn, návratnost by se ještě více snížila.

11 Závěrečné shrnutí

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou tepelných ztrát rodinného domu v obci Hodslavice. Dům je dvoupatrový se sedlovou střechou, vystavěn z klasických plných cihel. Vytápěn je automatickým kotlem na černé uhlí.

Cílem práce bylo navrhnout a optimalizovat tepelné ztráty tohoto domu tak, aby výsledná hodnota celkových ztrát bylo rovna nejméně hodnotě 50 % původního nezatepleného domu. Tento vytyčený cíl byl nejen splněn, ba dokonce překonán. Celková hodnota tepelné ztráty objektu se snížila z původních 23098W na 6687W, což činí výsledek snížený o 71 %. Tohoto cíle bylo dosaženo těmito kroky: zateplením obvodového zdiva domu polystyrenovými deskami, zateplením podlahy v 1.NP s kontaktem se sklepním nevytápěným prostorem polystyrenem, zateplením stropu ve 2.NP v kontaktu s půdou taktéž polystyrenem, a nakonec výměnou starých, tepelně nevyhovujících, oken. Tloušťka izolačního materiálu byla počítána ve dvou variantách a následně vybrána vhodnější s ohledem na ekonomičnost úprav.

Pro výpočty jsem vycházel z normy ČSN 06 0210, které jsem věnoval také teoretickou část práce. V této části jsem teoreticky popsal veškeré výpočty, které jsou potřebné ke stanovení tepelných ztrát objektu. Celková ztráta objektu je pak počítána tzv. obálkovou metodou.

Závěr práce je věnován celkovému zhodnocení a grafickému porovnání tepelných ztrát před a po zateplení. Jsou zde také vyhodnoceny náklady na vytápění a celková návratnost investice. Roční náklady na vytápění činily před zateplením domu 57 050Kč. Vhodnou tepelnou optimalizací se dokázaly náklady na vytápění snížit na 18 000Kč. Roční úspora peněz vychází tedy na 39 050Kč. Při započítání vstupní investice, která je 586 200Kč, se prostá návratnost investice vyšplhala na 15 let. Tato doba je velice příznivá a návrh je tedy rentabilní.

12 Seznam použité literatury

- [1] ČSN 06 0210. *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*. Praha: Český normalizační institut, 1993.
- [2] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [3] Technická dokumentace objektu
- [4] *Katalog stavebních materiálů* [online]. [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000086_katalog.html
- [5] *Technický list - Břizolit přírodní* [online]. [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/data/files/technicky_l_brizolit_prirodni.pdf
- [6] *Výpočet součinitele přestupu tepla* [online]. [cit. 2020-02-26]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000086_help.html
- [7] *Součinitel prostupu tepla a součinitel spárové průvzdušnosti oken a dveří dle ČSN 73 0540-3 (1994)* [online]. [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/32-soucinitel-prostupu-tepla-a-soucinitel-sparove-pruvzdusnosti-oken-a-dveri-dle-csn-73-0540>
- [8] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění domů a bytů*. 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0642-3.
- [9] *Minerální vata* [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.stavbaonline.cz/mineralni-vata/>
- [10] *Fenolická pěna Kooltherm na fasádách a terasách* [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/11779-fenolicka-pena-kooltherm-na-fasadach-a-terasach>
- [11] *Zateplení podlahy* [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/zatepleni-podlahy-jak-na-to.aspx>
- [12] ŘEHÁNEK, Jaroslav. *4 x E o tepelné izolaci budov: energetika : environment : ekonomika : efektivnost*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. ISBN 80-86769-25-9.
- [13] *Styro EPS 100F* [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://styrotrade.cz/cs/produkty/fasady/izolace-pro-kontakti-zateplovaci-systemy-etics/styro-eps-100f/>
- [14] *Technické listy* [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.cemix.cz/ke-stazeni/technicke-listy>

- [15] *Styro EPS 100* [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://styrotrade.cz/cs/produkty/strechy/izolace-bezne-zatizenych-plochych-strech/styro-eps-100/>
- [16] *Liapor Mix final lehký beton* [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://obchod.liapor.cz/products/liapor-mix-final-lehky-beton-30-l-23-kg>
- [17] *VEKRA Premium Evo* [online]. [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/produkt/vekra-premium-evo/>
- [18] *Zateplení fasády, cena za m2* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.zofi.cz/zatepleni-fasady-cena-za-m2>
- [19] *Kolik stojí výměna oken* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://stavimbydlim.cz/kolik-stoji-vymena-oken-cena-oken-za-m2-a-cena-prace/>
- [20] *Spotřeba tepla a denostupně* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/15468-spotreba-tepla-a-denostupne>
- [21] *Přehled cen uhlí* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/16-prehled-cen-uhli-a-uhelnych-briket>
- [22] *Doba návratnosti investice* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/4760.jak-vyhodnotit-prinosy-a-navratnost-zatepleni-domu-doba-navratnosti>

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Radimovi Janalíkovi, CSc. za cenné rady a odborné vedení práce.

Dominik Mareš